This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

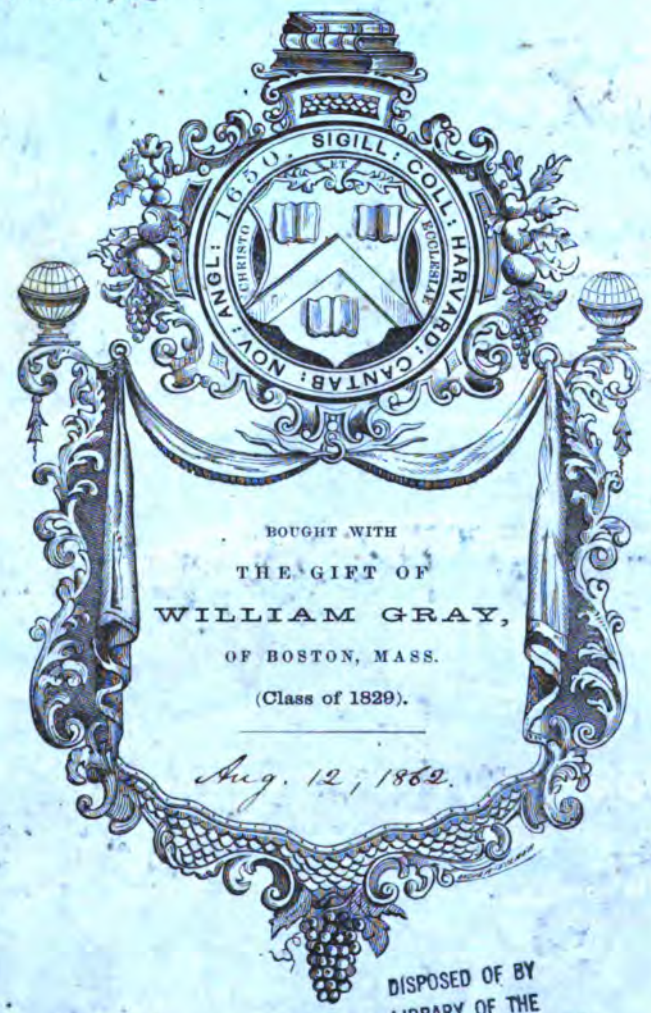
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

HW LH3W J

BIOL
1450
M73

Bot 658,45



BOUGHT WITH
THE GIFT OF
WILLIAM GRAY,
OF BOSTON, MASS.
(Class of 1829).

Aug. 12, 1862.

DISPOSED OF BY
LIBRARY OF THE
BIOLOGICAL LABORATORIES
HARVARD UNIVERSITY

DEPOSITED
IN THE
BIOLOGICAL LABORATORY

M. Physio

Moleschott

VERHANDELING

BEVATTENDE

EEN ANTWOORD OP DE VRAAG

BETREFFENDE *LIEBIG'S* THEORIE DER PLANTENVOEDING.

UITGEGEVEN DOOR

TEYLER'S

TWEEDE GENOOTSCHAP.

HAARLEM,
ERVEN F. BOHN,
1845.

G+E
HARVARD UNIVERSITY
WIDENER LIBRARY

Moleschott

KRITISCHE BETRACHTUNG

VON

LIEBIG'S

THEORIE DER PFLANZENERNÄHRUNG,

MIT BESONDERER ANGABE DER EMPIRISCH CONSTATIRTEN THATSACHEN.

VON

JAC. MOLESCHOTT,

Med. Chir. et Art. obst. Doctor zu Utrecht.

Eine von der TEYLER'SCHEN GESELLSCHAFT im Jahre 1844 gekrönte Preisschrift,

HARLEM,
ERBEN F. BOHN,
1845.

~~Bot 65245~~

1862, Aug 12.
$1.19
Gray Fund.

BIOLOGICAL LABORATORIES LIBRARY
HARVARD University

VORWORT.

Die Herausgabe meiner von der TEYLER'SCHEN *Gesellschaft gekrönten Preisschrift bedarf von meiner Seite keiner eigentlichen Bevorwortung. Ueber den Standpunkt und die Form habe ich mich in meiner Abhandlung selbst hinlänglich ausgesprochen. Es sei mir nur erlaubt anzuführen, dass die Arbeit vor dem* 1 *April* 1844 *vollendet sein musste, und im Februar jenes Jahres beëndet war, eine Thatsache, welche auf den Maassstab, den die Kritik an meine Arbeit anlegt, nicht ohne Einfluss bleiben darf, und zwar um so weniger, je allgemeiner man weiss, welche reissende Fortschritte auf diesem Gebiete der Wissenschaft jedes Jahr, ja fast jeder Tag uns bringt. Als Vervollständigung des Titels endlich habe ich hier bloss anzugeben, wie von der* TEYLER'SCHEN *Gesellschaft die Frage ursprünglich gestellt war; die* TEYLER'SCHE *Gesellschaft verlangte nämlich:*

« Eine kritische Betrachtung der vom Professor LIEBIG *über die Er-*
« nährung und das Wachsthum der Pflanzen aufgestellten Theorie, mit
« besonderer Berücksichtigung der Cultur, so wie eine gründliche Er-
« forschung von dem was in derselben der Beobachtung und Erfah-
« rung gemäss, für wahr und ausgemacht gelten darf, und dessen
« was dagegen noch zweifelhaft, ungewiss oder nicht experimentell
« erwiesen ist, und durch weitere Untersuchungen aufgeklärt werden
« muss."

Als die Frage gegeben wurde (1842 im December), war bekanntlich die fünfte Ausgabe von LIEBIG*'s organischer Chemie, in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, noch nicht erschienen.*

Im März, 1843. Dr. JAC. MOLESCHOTT.

INHALTSVERZEICHNISS.

EINLEITUNG . . . . . Seite. 3

KAPITEL I.

VOM KOHLENSTOFF.

A. LIEBIG's Lehre über die Assimilation des Kohlenstoffs 14
B. Beurtheilung der LIEBIG'SCHEN Lehre über die Assimilation des Kohlenstoffs . 17
Nachtrag zu dem vorhergehenden Kapitel von der Assimilation des Kohlenstoffs . 41

KAPITEL II.

VOM WASSERSTOFF.

A. LIEBIG's lehre über die Assimilation des Wasserstoffs 44
B. Beurtheilung von LIEBIG's Lehre von der Assimilation des Wasserstoffs . . 45

KAPITEL III.

VOM STICKSTOFF.

A. LIEBIG's Lehre von der Assimilation des Stickstoffs 55
B. Beurtheilung van LIEBIG's Lehre über die Assimilation des Stickstoffs . . 57
Nachtrag zu vorstehendem Kapitel von der Assimilation des Stickstoffs . . 70

VERHANDELING

TER BEANTWOORDING DER VRAAG:

EENE KRITISCHE BESCHOUWING DER THEORIE VAN DEN HOOGLEERAAR *LIEBIG*, AANGAANDE DE VOEDING EN DEN GROEI DER GEWASSEN, VOORAL MET BETREKKING TOT DE KULTUUR VAN DEZELVE, EN EEN GRONDIG ONDERZOEK NAAR HETGEEN DAARVAN, INGEVOLGE WAARNEMING EN ONDERZOEK, VOOR WAAR EN UITGEMAAKT MAG WORDEN AANGEMERKT, EN WAT DAARENTEGEN NOG TWIJFELACHTIG, ONZEKER, OF NIET PROEFONDERVINDELIJK BEWEZEN IS, EN DOOR VERDER ONDERZOEK BEHOORT OPGEHELDERD TE WORDEN?

DOOR

JAC. MOLESCHOTT,

te Heidelberg.

Onder de Zinspreuk:

„DER LEBENDIGE THIERKÖRPER KANN NICHT FÜR EIN CHEMISCHES LABORATORIUM ANGESEHEN WERDEN."

LIEBIG.

Aan welke Verhandeling door DIRECTEUREN en Leden van TEYLERS STICHTING in het jaar 1844 de GOUDEN HERPENNING is toegewezen.

dem Ziele zugewandt waren, die Gesetze der Schwerkraft zu erforschen und so die Lehre von der Gravitation zu begründen.

Ebenso verhält es sich mit den Ideen, welche LIEBIG, oder richtiger vielleicht schon BERZELIUS, für die organische Chemie angeregt hat, und an deren Anwendung und weitere Bearbeitung Männer wie MULDER, DUMAS, PAYEN ihre besten Kräfte setzen. Nur darf man nicht vergessen, dass hier der grosse SAUSSURE als wichtiger und unmittelbarer Vorarbeiter zu betrachten ist, wie denn sein Sohn die ganze Sache noch fortwährend mit der schärfsten Kritik verfolgt. Durch die wichtigen Thatsachen, welche jene Männer zu Tage gefördert haben, wird jetzt sowohl die Pflanzen-, als die Thierphysiologie von der Chemie beherrscht, d. h. die chemischen Untersuchungen nehmen das Hauptinteresse in Anspruch, sie drücken der ganzen Periode ihren Stempel auf. Wir dürfen uns entschieden Glück wünschen, dass so die Wissenschaften, deren Aufgabe es ist, den Bau und die Verrichtungen der organischen Wesen zu erforschen, denen aber bis jetzt die Abrundung, deren sich die Physik und besonders durch LAVOISIER und BERZELIUS die an organische Chemie zu erfreuen haben, noch am meisten abgeht, endlich einmal von *einer* Seite aus consequent erfasst und betrieben werden, so dass wir hoffen dürfen, dass ihre einzelnen Theile jetzt nach und nach zu einer harmonischen Vollendung gelangen werden.

Weil man nicht trennte, waren bis jetzt alle Verhältnisse dort so verwickelt, dass man auf die Fragen an die Natur gar keine einfache Antwort erhalten konnte. Herrscht doch nicht nur über die Aeusserung der Kräfte, sondern auch über ihren Begriff ein noch lange nicht aufgehelltes Dunkel, da die grosse Frage über das ja oder nicht Bestehen einer eigenthümlichen Lebenskraft noch gar nicht erledigt scheint. Allein gerade aus diesem Grunde ist es in hohem Grade erfreulich, dass man endlich angefangen hat einen einzelnen Theil gründlich zu verfolgen; mag man immerhin dadurch für jetzt zu dem Glauben gekommen sein alles durch die Chemie und Physik erreichen zu können, die Zeit liegt nicht so gar ferne, in welcher auch die eifrigsten Vertheidiger dieses Physiko-chemismus einsehen werden, dass dieser Erklärungsweise gewisse Grenzen zu stecken sind. Trotz jenem Glauben und

trotz allen Irrthümern und Widersprüchen, die LIEBIG von den Physiologen theils mit Recht, theils aber auch mit Unrecht vorgeworfen wurden, glauben wir nicht zu weit zu gehen, wenn wir die Thätigkeit, zu der BERZELIUS und LIEBIG vorzugsweise angeregt haben, mit der eines NEWTON vergleichen. Der KEPPLER, der als Vorläufer dieser Zeit zu betrachten ist, wäre LAVOISIER, der in der That als der Schöpfer der Chemie in ihrer jetzigen wissenschaftlichen Form zu betrachten ist, wenn sie auch schon früher durch STAHL überhaupt ein wissenschaftliches Gepräge bekommen hatte.

Nur dies unausgesetzte Verfolgen eines bestimmten Ziels kann zu Resultaten führen, die wenn sie sich auch immer nur auf einen beschränkten Theil der umfassenden Wissenschaft beziehen, dieselbe doch unendlich fördern müssen. Von diesem Standpunkte aus betrachtet ist es gewiss Pflicht für einen Jeden, der seine Kräfte der Physiologie oder der Biologie gewidmet hat, dieselbe von dieser Seite bearbeiten zu helfen, und also jetzt das Kapitel des Stoffwechsels vorzugsweise im Auge zu behalten. Wenn aber auf der andern Seite dadurch eine Einseitigkeit entstanden ist, die dem philosophischen Forscher d. h. dem, der die Wissenschaft in ihrer allgemeinsten Bedeutung pflegt und von Andern gepflegt wissen möchte, beängstigend erscheinen muss, so verdient es gewiss die höchste Anerkennung, wenn die TEYLER'SCHE Gesellschaft dazu auffordert, die Lehren LIEBIG's einer genauern Prüfung zu unterwerfen, und in der Art eine Sichtung anzustellen, dass man die empirisch erwiesenen Thatsachen von den bis jetzt bloss theoretischen, theilweise individuellen Ansichten trennt. Dass durch diese Trennung letztere noch nicht für falsch erklärt werden, versteht sich dabei von selbst, nur gehören dieselben noch nicht in das Gebiet der strengen Naturwissenschaft, deren Ideal es ist, einmal zu einem mathematisch-dogmatischen Charakter zu gelangen, viel weniger dürfen sie bei der Anwendung der Wissenschaft, also hier bei der Agricultur, als Normen betrachtet werden. Wir unterziehen uns also mit Freude einer Arbeit, deren Zeitgemässheit von Jedermann anerkannt werden muss, und durch die Aufgabe, welche eine Gesellschaft wie die TEYLER'SCHE gestellt hat, verbürgt wird, erlauben uns aber vorher, unsere Ansicht über die Lebenskraft schär-

fer auszusprechen (1), damit man von vorne herein unseren Standpunkt kenne.

Der Glaube an eine Lebenskraft, d. h. an eine höher potenzirte Kraft, welche die Elemente der anorganischen Natur im Organismus beherrscht, ist so alt wie die Physiologie. — Dem gesunden Menschenverstand, der sich der kritischen Arbeit über das Bestehen einer solchen eigenthümlichen vis vitalis nicht unterzogen hat, kommt es geradezu widersinnig vor, wenn man diese Kraft läugnen will: so allgemein verbreitet ist die gewisser Maassen angeborene Ueberzeugung ihrer Existenz.

In dem gesunden Volksglauben liegt nun aber immer etwas Wahres. Der wissenschaftliche Forscher darf sich freilich dabei nicht begnügen, aber diese weltverbreitete Ansicht vom Organismus muss ihn anregen, die Sache aufs Genaueste zu untersuchen.

Wenn wir die anorganischen Verbindungen mit den organischen vergleichen, so fällt uns sogleich das wunderbare Spiel der unerschöpflich reichen Natur auf in der Art und Weise, auf welche sie vier Elemente: Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die man die organischen κατ' ἐξοχήν nennen könnte, zusammensetzt. Von der Einfachheit, die in den anorganischen Verbindungen herrscht, welche strenge dem Binairitätsgesetze unterworfen sind, ist keine Spur mehr vorhanden; ein ewig wechselnder Proteus tritt uns hier entgegen, und wir haben fast kein einziges Gesetz, um dieses ewige Metamorphosenspiel zu binden. Kaum dass man angefangen hat hier oder da eine Reihe von Erscheinungen in bestimmte Gruppen zu vereinigen, wie z. B. bei den Proteinkörpern, durch deren Entdeckung allein MULDER seine Periode für die organische Chemie unsterblich gemacht haben würde.

Und dennoch haben wir in der organischen Natur dieselben Elemente, deren chemische Verwandtschaft ausserhalb des Organismus sich auf der Stelle in der Bildung von Ammoniak, Kohlensäure und Wasser kund giebt, und diese Verwandtschaft, welche dort fast jede andere Bildung ausschliesst, tritt

---

(1) Ich will die Lebenskraft indessen, weil ich es nicht für passend halte diesen Gegenstand hier zu erschöpfen, nur im Gegensatze zur chemischen Kraft betrachten.

hier so ganz in den Hintergrund, dass dem unbefangenen Beobachter darüber kein Zweifel sein kann, dass jene Verwandtschaft, wo nicht völlig aufgehoben im Organismus, doch durch eine andere Kraft geschwächt, oder vielmehr beherrscht sein muss.

Viele der ausgezeichnetesten Forscher — BERZELIUS, MULDER, LIEBIG — haben sich scharf gegen die Annahme einer solchen eigenthümlichen Kraft ausgesprochen, und man will in jener Fülle von anders bedingten Verbindungen, in jenen eigenthümlich verwickelten Complexen von Atomen nur eine Modification jener auf vielfach verschlungene Weise zusammenwirkenden Verwandtschaftskräfte sehen, die in der anorganischen Natur nur etwa in einer anderen, vor allen Dingen einfacheren, Association herrschen, und denen auch jene Atome wieder mehr oder weniger augenblicklich anheimfallen, sobald sie den lebenden Organismus verlassen haben. (: BERZ. Pogg. Ann. Bd. XXXXVII. S. 290. :) (1).

Diese Ansicht hat soweit nichts Unrichtiges, aber der Schluss, der daraus gezogen wird, ist nicht statthaft; weil man sich die abweichend zusammengesetzten Verbindungen im Organismus als Resultate der Modification chemisch-physikalischer Kräfte denken kann, soll es keine eigene Lebenskraft geben. Es ist ja doch ein feststehender logischer Satz, dass jede Wirkung eine Ursache, oder was dasselbe ist eine Kraft voraussetzt, *sine causa nullus effectus*. Die Modification von anderen Kräften ist aber offenbar eine Wirkung. Dieser Wirkung also muss eine Ursache, eine andere Kraft zu Grunde liegen, und diese Kraft nennt man *Lebenskraft*. Lebenskraft nennt man sie, weil sie sich nur im lebenden Organismus zeigt, denn nach dem Tode

(1) Es heisst daselbst: «Wenn wir die Einzelnheiten der Wirkungen dieser Kraft (: der «Lebenskraft :) untersuchen, erkennen wir darin das Spiel der gewöhnlichen Naturkräfte, ge«stellt unter die Einwirkung einer Menge verschiedenartiger Verhältnisse, welche die Verschie«denheit der Wirkungen hervorrufen." Die Einwirkung dieser verschiedenartigen Verhältnisse setzt doch ein activ *Einwirkendes*, einen activen Regulator, also eine Kraft voraus. Ich will hierfür nur ein Beispiel anführen. Die Stärke ist bekanntlich in kaltem Wasser an und für sich unlöslich. In der Pflanze aber ist sie gelöst enthalten, sie bewegt sich vom einen Ort nach dem andern. Dies rührt natürlich von solchen verschiedenartigen Verhältnissen her, wie BERZELIUS sie annimmt. Diese werden aber von der Lebenskraft hervorgerufen.

geht die Bildung von Ammoniak, Kohlensäure und Wasser, wenn auch häufig durch mehre Zwischenprozesse vermittelt, wieder ungestört von Statten. Die organischen Verbindungen unterliegen mehr oder weniger gleich oder doch bald den gewöhnlichen Gesetzen der Anziehung und Abstossung der anorganischen Natur, wenn dies auch oft nur sehr allmälig vor sich geht, und deshalb sind viele Verbindungen, die wir im todten Organismus antreffen und eben darum organische zu nennen gewohnt sind, nicht mehr rein organisch, sondern wenn ich mich so ausdrücken darf, gemischt organisch-anorganisch. Es darf uns deshalb nicht wundern, dass es gelungen ist einige von jenen sogenannten organischen Verbindungen aus anorganischen Elementen künstlich darzustellen. Die Verbindungen, bei denen dies gelungen ist, sind eben nicht streng organisch, was z. B. nirgends deutlicher hervortritt als beim Harnstoff, den der Organismus selbst dadurch als halb anorganisch bezeichnet, dass er ein kräftiges Bestreben hat, ihn zu entfernen. Es ist ein Stoff, der in dem Uebergange aus dem organischen Gebiet in das anorganische begriffen ist. Noch weiter ist dieser Uebergang in der ausgeathmeten Kohlensäure gediehen, die Niemand als einen Beweis dafür wird gelten lassen, dass man organische Verbindungen aus den Elementen künstlich darstellen kan. Die ganze Schwierigkeit ist hier, dass wir den lebenden Organismus nirgends chemisch untersuchen können, so dass man nirgends mit absoluter Gewissheit behaupten kann, dass ein Stoff strenge organisch ist. Daraus folgt denn auch ganz einfach, dass durch die Fälle, in denen man für organisch gehaltene Verbindungen aus den Elementen dargestellt hat, jenes Kennzeichen der organischen Substanzen nicht vernichtet wird, dass man sie aus den Elementen nicht wieder darstellen kann. Die Verbindungen, welche man als streng typisch für den Organismus ansehen kann, beweisen dies zur Genüge, und ich gehe gewiss nicht zu weit, wenn ich behaupte, dass es niemals gelingen wird Protein oder Stärke auf künstlichem Wege aus anorganischen Bestandtheilen zu erzeugen. Und wenn nun die Kraft, welche so grosse Zahlen von Aequivalenten auf eine von der gewöhnlichen chemischen Anziehungskraft durchaus abweichende Weise zusammenhält, sich im lebenden Organismus vorzugsweise äussert, was steht uns da im Wege, wenn wir

dieselbe Lebenskraft nennen wollen? — Denn wenn wir auch gewisse Verbindungen vom lebenden Organismus getrennt aufbewahren können, so ist das ja nur ein Beweis dafür, dass auch hier das Gesetz des allmäligen Uebergangs in der Natur herrscht, und dass es nicht durch einen Sprung vom Leben in den Tod übergeht. Die Grenzen zwischen organischen und anorganischen Verbindungen sind nach dieser Seite hin eben so wenig scharf abgesteckt als die zwischen Thieren und Pflanzen.

Ich glaube nicht, dass aus dieser Deduction hervorgeht, dass die Lebenskraft mehr eine hypothetische ist als irgend eine andere Naturkraft, z. B. die chemische Anziehungskraft selbst. (: BERZELIUS am selben Ort:) (1). — Wir kennen sie aus ihren Aeusserungen, und wenn wir schon so glücklich wären, jene Aeusserungen ebenso, wie etwa bei der Gravitation auf bestimmte Gesetze zurückführen zu können, so würden wir das Wesen derselben genau kennen. Das ist aber sehr richtig, dass so lange wir die verwickelten Gesetze, nach welchen die Lebenskraft sich äussert, nicht genau erforscht haben, auch die Erklärung irgend eines Phänomens durch die Lebenskraft durchaus keinen wissenschaftlichen Werth hat, und in so ferne eifern LIEBIG (2)

---

(1) BERZELIUS sagt nämlich in der angeführten Stelle weiter: «Wir sind gewiss noch weit «entfernt zu begreifen, wodurch alle Lebenserscheinungen bedingt werden, aber aus dem Theil «derselben, dessen Entschleierung uns geglückt ist, liegt klar vor Augen, dass wenn mit Lebens«kraft etwas anderes verstanden wird, als die eigenen auf verschiedene Weise zusammenwir«kenden Umstände, unter denen die gewöhnlichen Naturkräfte in der organischen Natur in «Wirksamkeit gesetzt werden, wenn man darunter eine eigene besondere Naturkraft versteht, «diese Naturkraft eine hypothetische, ihrem Dasein nach noch unerwiesene ist, deren Voraus«setzung einer von den Fällen ist, wo wir nach ALEXANDER's Beispiel den Knoten zerhauen, statt ihn aufzulösen." Die auf verschiedene Weise zusammenwirkenden Umstände werden zugegeben: hier ergiebt sich aber von selbst die Frage, was führt diese Umstände herbei? Antwort: die Lebenskraft. Eine Kraft, deren Wirkung wir sehen, ist aber nicht mehr hypothetisch. Abstrahirt ist sie freilich, aber nicht mehr als jeder andere Begriff, und eben so richtig.

(2) LIEBIG scheint wirklich nur in diesem Sinne ein Gegner von der Lebenskraft zu sein. In seiner Agriculturchemie S. 39. definirt er sie ja, indem er sagt: «Die Lebenskraft ist eine je«dem einzelnen Organe inwohnende Fähigkeit, sich selbst in jedem Zeitmomente wieder neu zu «ernähren." Und ebenso lässt er sie an vielen anderen Stellen gelten, vergl. S. 26 oben, S. 84, und umgekehrt S. 34 und 55, wo man ersehen kann, in welchem Sinne er sich gegen die Lebenskraft ausspricht.

und auch SCHLEIDEN ganz mit Recht gegen die Lebenskraft, nur geht besonders der letztere darin viel zu weit (1). Wenn ich sagen wollte, die Verdauung oder irgend ein anderer Prozess im Leben rührt von der Lebenskraft her, ohne das Gesetz angeben zu können, durch welches hier die Aeusserung der Lebenskraft bedingt wird, so ist diese Erklärung eben so vag und nichtssagend, wie wenn ich sagen wollte, die Lichterscheinungen beim Blitze rühren von der Electricität her, ja es hiesse noch genauer idem per idem erklären.

Es ist aber nicht blosse Hypothese, wenn ich von einer Kraft rede, die durch die Nerven, durch die Drüsen, durch die Muskelfaser im Organismus wirkt; ich habe diese Materien aufs bestimmteste vor mir und diese können von der Kraft nicht getrennt sein. Das Substrat für die Kraft, sei es nun der Nerve oder irgend etwas anderes entsteht mit der Kraft zugleich; wo der Träger ist, muss ich auch auf die Kraft schliessen. Wer eine solche Abstraction hier für unerlaubt hält, muss den Begriff der Kraft, d. h. jede abstracte Begriffsbestimmung und also wenn er consequent sein will die ganze Logik läugnen. Und warum sollte nicht die Lebenskraft, wenn sie von verschieden beschaffenen Materien, wie Nervensubstanz, Muskelfaser, u. s. w. getragen wird, sich verschieden äussern, eben so gut, wie die Wärme anders in Quecksilber als in Eisen, anders in Brom als in Chlor wirkt? Die Verschiedenheit der Wirkung steht der Einheit der Kraft, wie MULDER meint (2), durchaus nicht im Wege, vielmehr ist die Kraft von der Materie ebenso ab-

---

(1) So behauptet SCHLEIDEN in seinen Grundz. einer wissenschaftlich. Bot. Bd. II. S. 440. sogar Folgendes: «Der Wilde, der eine Locomotive ein lebendes Thier nennt, ist nicht un«wissender, als der Naturforscher, der von Lebenskraft im Organismus spricht.» Heisst das nicht mit andern Worten sagen, der Organismus sei eben so wenig lebendig wie eine Locomotive?

(2) MULDER sagt: «Wenn wir für die Erscheinungen im Organismus eine einzelne, ver«schieden modificirte Kraft annehmen, je nachdem die Organe verschieden sind, eine einzel«ne Lebenskraft, die das Ganze durchdringt, so müssen wir auch auf dem Schlachtfelde, wenn «wir consequent sein wollen, *eine* schlachtliefernde Kraft annehmen.» Es ist dies immer nur eine Vergleichung, die nicht entscheidend sein kann. Sollte aber jene einzelne Schlachtliefernde Kraft, die Seele des Heers, nicht der befehlende General sein? Vgl. MULDER, *Proeve eener algemeene physiologische Scheikunde*, S. 68. (S. 73 der vom Verfasser besorgten deutschen Uebersetzung.)

hängig, wie umgekehrt die Materie von der Kraft. Die Lebenskraft *muss* also anders in den Magendrüsen, als in der Leber, anders in der Nervensubstanz als in der Muskelfaser wirken (1).

Durchaus hypothetisch im Gegentheil ist es, wenn ich sage, das Nervenagens beruht auf chemische Zersetzungen oder galvanische (2) Wirkungen. Es ist möglich, dass man sich dabei etwas denken kann, auch will ich es nicht absolut geläugnet haben, dass eine Art der Analogie in diesen Prozessen liegen mag. Allein mit Recht hat SCHLEIDEN sich im ersten Bande seiner Grundzüge einer wissenschaftlichen Botanik so scharf gegen die Anwendung von Analogieën als naturwissenschaftlichen *Erklärungen* ausgesprochen. Wenn die Nervensubstanz der chemischen Kraft unterworfen wäre, so wäre ihre Existenz nicht einmal denkbar: ein todter Nerve geht auf der Stelle erst in Fäulniss und dann in Verwesung über. Wenn nun im Leben Verhältnisse oder Umstände da sind, die jene Existenz wahren, wenn an der Substanz eigenthümliche Erscheinungen auftreten, so liegt es doch auf der Hand, dass hier eine Wirkung Statt findet. Diese Wirkung lässt auf eine Kraft schliessen, und da für dieselbe der Name Lebenskraft gang und gebe ist, so will ich mich an diesen Namen halten.

Es ist hier aber noch besonders vor einer falschen Auffassung dieser Lebenskraft zu warnen, nämlich als ob sie neben der chemischen und physikalischen Kraft im Organismus wirksam sei. Diese Vorstellung ist deshalb unrichtig, weil es für die Lebenskraft kein von dem für die physikalisch-chemische Kraft bestimmten verschiedenes Substrat giebt; man würde hier in den Fehler verfallen, den MULDER, wie ich glaube, an der unrechten Stelle

---

(1) Vgl. LIEBIG die org. Chem. in ihrer Anwend. auf Agricult. und Physiol. S. 36: «Die Lebenskraft bedient sich (: ich möchte sagen; bethätigt sich :) in ihren eigenthümlichen Aeusserungen stets besonderer Werkzeuge (: an besonderen Werkzeugen :,) für jede Verrichtung eines besonderen Organs."

(2) Der Unterschied zwischen Nervenkraft und Galvanismus oder Electricität ist auf klassische Weise von SCHROEDER VAN DER KOLK auseinandergesetzt, in seiner Schrift: Ueber den Unterschied zwischen todten Naturkräften, Lebenskräften und Seele, nach der zweiten Holländischen Ausgabe übersetzt, mit einer Vorrede von Dr. J. F. ALBERS, Professor zu Bonn 1836.

gerügt hat. Wenn es eine physikalische Kraft neben der chemischen und neben diesen beiden noch eine Lebenskraft im Organismus gäbe, so wäre die Einheit der Kraft verloren. Wenn aber die physikalische und die chemische Kraft nur in der Lebenskraft enthalten ist, weil der physikalische und chemische Prozess im Organismus nirgends rein auftritt wie in der anorganischen Welt, und wenn also jeder Prozess, möge er uns nun mehr an die chemische oder an die physikalische Kraft erinnern und mehr oder weniger die Gesetze dieser beiden zur Erklärung zulassen, eine Aeusserung von der *einen* Lebenskraft ist (1), so ist jene Einheit der Kraft erwiesen.

Wenn wir diese Kraft festhalten, so sind wir auf einmal befreit von allen den gezwungenen Reductionen auf andere Naturkräfte, die die Sache verwickeln anstatt sie zu vereinfachen, weil sie nie die Sache vollständig erklären, sondern höchtens in einer gewissen Weise erläutern können. Wir haben aber hier eine Kraft, deren Gesetze untersucht werden müssen, und zwar nach allen Seiten, ebenso wie die der chemischen Anziehung, der Electricität oder irgend einer anderen Naturkraft.

Dass die Auffindung dieser Gesetze hier schwieriger ist als anderswo, geht schon daraus hervor, dass die eine Lebenskraft scheinbar aus so vielen andern zusammengesetzt ist, dass es richtig scheint, dieselbe im Verhältnisse zu jeder einzelnen, über welche sie so zu sagen herrscht, zu untersuchen. Dies Verhältniss zur Chemie hat man angefangen schärfer und gründlicher zu prüfen, und es ist dabei bereits Bewunderungswürdiges geleistet. Dass man in der ersten Freude darüber gehofft hat, jede Erscheinung im Organismus auf chemischem Wege erklären zu können, ist sehr begreiflich, wenn man be-

---

(1) Der eminente Geist eines ALEXANDER VON HUMBOLDT mustte auch hier das Richtige treffen: «Diejenige innere Kraft, sagt er in seinen chemischen Aphorismen der Physiologie der «Pflanzen S. 9, welche die Bande der chemischen Verwandtschaft auflöst, und die freie Verbin«dung der Elementen in den Körpern hindert, nennen wir Lebenskraft.» Die chemische Verwandtschaft ist ihm wohl Representant der gewöhnlichen Naturkräfte überhaupt. Ich verstehe demnach unter Lebenskraft, die Kraft, welche die dem Organismus eigenthümlichen Erscheinungen bedingt, mit Inbegriff jener Vorgänge, welche den chemisch-physikalischen Prozessen der anorganischen Natur so ähnlich sind, dass man glaubte sie seien von den bekannten chemisch-physikalischen Gesetzen abhängig.

denkt, dass jedes Genie nur durch eine gewisse Einseitigkeit Grosses zu Tage fördert. Die Bemühungen LIEBIG's und seiner grossen Mitarbeiter bleiben also, wenn sie auch an einer gewissen Einseitigkeit leiden, nicht minder dankenswerth. Es ist aber auf der andern Seite eben so richtig, wenn man diese Einseitigkeit in Schranken zu halten sucht.

Nur dagegen will ich mich zum Schlusse der Einleitung noch ausdrücklich verwahren, als glaubte ich, dass man sich irgendwo bei der Angabe der Lebenskraft als Ursache der Erscheinungen ohne nähere Beleuchtung ihrer Gesetze beruhigen dürfte: eben so wenig wie ich glaube, dass man die Erscheinung, dass Wasserstoffhyperoxyd in Berührung mit Platina oder Silber detonirt, und in Wasser übergeht, ohne dass das Platina oder Silber oxydirt wird, durch die chemische Kraft oder eine katalytische Kraft, von der ich gar nichts Näheres weiss, erklären kann, ohne hier ein bestimmtes Gesetz anzugeben. Indessen wird dies, wie ich hoffe, aus dem Ganzen meiner Darstellung von selbst einleuchten. —

Ich will nun bei der Darstellung der LIEBIGSCHEN Lehren über Pflanzenernährung die Eintheilung befolgen, welche LIEBIG selbst in seinem Buche zu Grunde gelegt hat. Zum Schlusse jedes Kapitels will ich sodann die Kritik vornehmen, und das empirisch Erwiesene von den hypothetischen Ansichten sondern. Mein Hauptstreben dabei wird sein in der Darstellung die grösst mögliche Objectivitt zu bewahren, da, wie ich glaube, es der TEYLERSCHEN Gesellschaft weit mehr um die absolute Erforschung der Wahrheit, als um die geschichtliche Nachweisung ihrer ersten Urheber zu thun ist. Auf Prioritätstreitigkeiten werde ich mich daher gar nicht einlassen, fest überzeugt, dass es der positiven und objectiven Wissenschaft, in deren Interesse ich hier vorzüglich arbeiten wollte, mit Hintansetzung geschichtlicher Forschungen, einerlei ist, ob LIEBIG oder ein anderer Naturforscher irgend eine Behauptung zuerst aufgestellt hat oder nicht. Wir wollen also jetzt seine Ansicht über die Assimilation des Kohlenstoffs angeben.

KAPITEL I.

VOM KOHLENSTOFF.

A. *LIEBIG's lehre über die Assimilation des Kohlenstoffs.*

Die Pflanzen erhalten ihre erste Nahrung ausschliesslich aus der anorganischen Natur. Die Pflanze besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; sie bedarf also einer Kohlenstoffverbindung, des Wassers und einer Stickstoffverbindung, ausserdem aber einiger anorganischen Bestandtheile, die sie im Boden vorfindet.

Als die wichtigste Quelle für den Kohlenstoff wurde nun von Vielen der Humus und die Humussäure betrachtet, und da der Kohlenstoff der wichtigste, der am meisten charakteristische Bestandtheil für die Pflanzen (:Phytogenium:) ist, so wären der Humus und die Humussäure Hauptnahrungsmittel für die Pflanzen (1). Diese Meinung beruht nach LIEBIG auf der Verwechselung des künstlichen Humus mit dem Körper, der in der Dammerde denselben Namen trägt. Es sei aber schon Unrecht von dieser Substanz als einer bestimmten zu reden, da SPRENGEL, MALAGUTI und PELIGOT, alle drei gute Analytiker, so verschiedene Resultate bei der Analyse der Humussäure erhalten haben, dass sie zugleich in alle drei PROUT'SCHE Klassen gehört.

---

(1) Es ist ein Irrthum, wenn LIEBIG diese Meinung grade den Pflanzenphysiologen zuschreibt: CURT SPRENGEL, LINK, DECANDOLLE behaupten grade das Gegentheil, worauf SCHLEIDEN und MOHL bereits mit Recht aufmerksam gemacht haben. N (1) In der fünften Anflage ist dieser den Pflanzenphysiologen gemachte Vorwurf weggeblieben: man vergleiche S. 8 der 4ten mit S. 9. der 5ten Auflage.

(1) Wo im Text ausserhalb der Nachträge ein solches N. vorkommt bedeutet es, dass die damit bezeichnete Stelle erst nach Erscheinen der 5ten Auflage geschrieben worden ist. Die Arbeit war nämlich vor dem Erscheinen dieser fertig, weshalb nach den meisten Kapiteln Nachträge nöthig wurden.

LIEBIG behauptet nun, «dass der Humus in der Form, wie er im Boden «enthalten ist, zur Ernährung der Pflanzen nicht das Geringste beiträgt," und zwar aus folgenden Gründen:

1°. Weil die Humussaüre nach SPRENGEL nur in frisch niedergeschlagenem Zustande und auch da noch sehr wenig (1 Theil in 2500 Th. Wasser) löslich ist, und diese Löslichkeit verliert, wenn sie an der Luft trocken geworden ist, oder wenn das in derselben enthaltene Wasser gefriert, und folglich durch die Sommerhitze und Winterkälte ihrer Assimilationsfähigkeit beraubt wird.

2°. Weil die Menge der Basen, welche man in der Asche des Holzes erhält, eine viel zu kleine Menge von Humussäure binden kann, um daraus den Kohlenstoffgehalt zu erklären, wobei er annimmt, dass die einmal durch die Humussäure den Pflanzen zugeführten Basen nicht wieder in die Erde zurückkehren.

3°. Weil durch die Wassermenge, welche im Durchschnitt auf einen Morgen fällt, nur eine verschwindende Quantität Humussäure aufgelöst wird.

4°. Weil nach einer von ihm angestellten Berechnung cultivirtes Land trotz dem Dünger nicht mehr Kohlenstoff producirt, als uncultivirtes.

5°. Weil der Humus durch die Fäulniss und Verwesung von Vegetabilien entsteht, diese müssen also vor dem Humus da gewesen sein, woraus folgt, dass es keine Urdammerde geben kann: hiernach entsteht die Frage, woher jene Vegetabilien ihren Kohlenstoff genommen haben.

LIEBIG sucht nun durch Rechnung nachzuweisen, dass die Atmosphäre mehr Kohlenstoff enthält, als nöthig ist, um das Gewicht aller Pflanzen, der Stein- und Braunkohlenlager zu decken, und leitet daher den Kohlenstoff der Pflanzen von der Atmosphäre allein her. Als Beleg dafür führt er die ausserordentliche Kleinheit der Wurzeln im Verhältnisse zu den Blättern und dem Stamme in den vorweltlichen Pflanzen und jetzt noch in den Cactus-, Sedum- und Sempervivum-Arten an. Die Atmosphäre bekommt diesen Kohlenstoff in der Form von Kohlensäure durch den Respirationsprozess der Thiere. Diese Kohlensäure würde von den Blättern bei Tag und bei Nacht eingesogen, aber nur im Lichte zerlegt, so dass eben so viel Sauerstoff ausgehaucht wird

als Volumina Kohlensäure absorbirt werden. Dieser Sauerstoff kommt den Thieren bei der Respiration zu Gute.

Die Beobachtungen von INGENHOUSS, SAUSSURE und GRISCHOW begründen gegen diese Ansicht über das Wechselverhältniss zwischen Pflanzen und Thieren nach LIEBIG keinen Einwurf. Nach jenen Beobachtern hauchen nämlich die Pflanzen im Dunkelen Kohlensäure aus, während sie Sauerstoff einsaugen, und zwar muss letzteres reichlicher geschehen, denn das Volumen der Luft erleidet dabei im Ganzen eine Verminderung. Allein das Aushauchen der Kohlensäure ist ein physikalischer Prozess: die Kohlensäure wird nämlich im Dunkelen wohl absorbirt, aber wie erwähnt nicht zerlegt, und ein Theil derselben verdunstet mit dem Wasser. Der Sauerstoff geht dagegen, während die Hauptfunction der Pflanze ruht, mit mehren Bestandtheilen der Pflanze ungestört chemische Verbindungen ein.

An einer Wasserpflanze hat LIEBIG ausserdem Versuche angestellt, aus welchen hervorging, dass die Pflanzen absolut mehr Sauerstoff aushauchen als einsaugen.

Die Meinung von MEYEN, dass der Humus nur Wasser chemisch zu binden braucht, um die Bildung von Holzfaser, Zucker und Stärke zu bewirken, und aus welcher dieser die Assimilationsfähigkeit des Humus ableitet, sucht LIEBIG durch folgenden Satz zu entkräften, dass «keine Materie als Nahrung «für die Pflanze angesehen werden kann, deren Zusamensetzung ihrer eigenen «gleich oder ähnlich sei."

Jene Substanzen würden erst in der Pflanze gebildet, und das könne auch mit dem Humus geschehen, den SMITHSON, JAMESON und THOMSON in den Ausschwitzungen kranker Ulmen, Eichen und Rosskastanien in der Form von Humussäure an Alkalien gebunden fanden. BERZELIUS hat ähnliche Materien in den meisten Baumrinden gefunden. Dies krankhafte Vorkommen spricht nach LIEBIG auch gegen die Assimilationsfähigkeit des Humus.

Dessenungeachtet spricht LIEBIG dem Humus nicht jeden Einfluss auf die Vegetation ab. Er ist ihm eine andauernde Quelle von Kohlensäure, wenn er durch Berührung mit der Luft im Boden einer weitern Verwesung unterliegen kann.

Nachdem nämlich die Bestandtheile des Samens zur Wurzelbildung verwendet sind, — und hierzu werden sie nach LIEBIG ausschliesslich verwendet — versehen die Wurzeln die Pflanze mit Kohlensäure zu einer Zeit, in welcher die Blätter, die Organe, welche diese Function später verrichten, noch fehlen. Durch Hinwegnahme der aus dem Humus gebildeten Kohlensäure, kann die Luft von neuem zutreten, die Verwesung schreitet also fort, und es wird neue Kohlensäure gebildet. Diese wird aufgenommen, so lange die Blätter noch nicht da sind: später nimmt die Pflanze die Kohlensäure *nur* aus der Luft, und zwar um so reichlicher, je grösser die Oberfläche der Organe wird, welche diese Nahrung zuführen. Nach der Reife der Frucht hört gewöhnlich die Function der Blätter auf, weil die Producte ihrer Thätigkeit keine Verwendung mehr finden. Durch die Einwirkung von Sauerstoff wechseln die Blätter ihre Farben und fallen ab. In diesen Blättern, so wie in den löslichen Excrementen wird dem Boden neuer Kohlenstoff zugeführt, denn indem sie der Fäulniss und Verwesung unterliegen, gehen sie in Humus über; und zwar erhält der Boden in dieser Form mehr Kohlenstoff als er an Kohlensäure abgegeben hatte.

Für die Hypothese, dass der Kohlenstoff als Kohlensäure aus dem Humus in die Pflanzen übergeht, spricht die Thatsache, dass gewöhnliche Holzkohle durch ihre Fähigkeit Gase, und also auch Kohlensäure, zu verdichten, die Dammerde, den Humus, aufs vollständigste in seinen Wirkungen vertreten kann.

B. *Beurtheilung der LIEBIG'SCHEN Lehre über die Assimilation des Kohlenstoffs.*

Das eben abgehandelte Kapitel über die Assimilation des Kohlenstoffs ist, wie dies in der Natur der Sache liegt, das ausführlichste, denn es ist das wichtigste, weil der Kohlenstoff grade für die Pflanzen charakteristisch, Phytogenium ist. Es ist aber in der Beurtheilung auch zugleich das schwerste, denn das von LIEBIG aufgestellte Elementargesetz, dass die Pflanze allen

Kohlenstoff, sei es nun aus dem Boden oder aus der Atmosphäre, nur in der Form von Kohlensäure empfängt, und jenes andere Grundgesetz, dass durch den Respirationsprozess der Thiere und den von den Pflanzen ausgehauchten Sauerstoff das Gleichgewicht der Luft erhalten wird, sind so einschmeichelnd durch ihre Einfachheit, die ja so oft als alleiniges Zeichen der Wahrheit und nicht bloss der Wahrscheinlichkeit nach dem Vorgange des grossen BOERHAAVE (1) angesehen wurde, dass die nüchternste Objectivität dazu gehört, sich nicht auf der Stelle dadurch zu einer unbedingten Anerkennung verleiten zu lassen. Die Ruhe der objectivsten Prüfung wird hier aber um so nöthiger und schwerer, je mehr die Resultate, welche die Kritik eines MOHL, des Ideals der Gründlichkeit, und eines SCHLEIDEN, des Representanten der unbarmherzigen und dadurch manchmal unbilligen Schärfe, herausgestellt hat, nur negativ oder doch wenigstens nur schwankend sind, so dass es in unserer Zeit, in welcher die naturwissenschaftlichen Forschungen vielfach mehr den Charakter der lebendigen und jugendlichen Entschlossenheit und Frische als den der sorgsamen Gründlichkeit und ruhigen Kritik an sich tragen, wirklich schwer wird sich von der lockenden Einfachheit eines mit Präcision ausgesprochenen Gesetzes nicht einnehmen zu lassen. Man würde hierdurch auf der Stelle von der Verzweiflung befreit, die Einen oft befällt, wenn man sieht wie wenig selbst die eifrige Thätigkeit der ausgezeichnetesten Männer, wenn man das Quantum nach Resultaten berechnet, zu Stande gebracht hat. Allein es ist unrecht und am Ende bloss der noch ungestählten Jugend würdig sich von einer solchen desperaten Stimmung mehr als momentan bewältigen zu lassen: denn man darf nicht vergessen, dass die Wissenschaft durch die negativen Resultate einer gesunden Kritik ebenso sehr gefördert wird, wie durch die positiven Ergebnisse einer ruhigen Beobachtung. Wir machen uns also mit Muth an unsere Aufgabe, unbekümmert darum, ob am Schlusse unserer Untersuchung das Minus überwiegen wird oder nicht.

Den ersten eigenthümlichen Satz, den wir bei LIEBIG in der Lehre von der

---

(1) Simplex veri sigillum. (?)

Assimilation des Kohlenstoffs antreffen ist der «dass der Humus in der Form, «in welcher er im Boden enthalten ist, zur Ernährung der Pflanzen nicht «das Geringste beiträgt.» Der erste Grund, den er dafür angiebt, ist, dass nach SPRENGEL die Humussäure nur in frisch niedergeschlagenem Zustande und auch da nur sehr wenig löslich ist. Hierbei ist gleich zu erinnern, dass LIEBIG sich also an eine bestimmte Humussäure hält, obgleich er selbst schon ganz mit Recht die Vermuthung aufstellt, dass es wegen der verschiedenen Formeln, welche sich aus den Analysen von MALAGUTI, PELIGOT und SPRENGEL ergeben, verschiedene Humussubstanzen geben müsse. Durch die Verschiedenheit der Substanzen wurde aber auch sogleich die Verschiedenheit der Löslichkeitsverhältnisse wahrscheinlich gemacht. Für uns nun ist diese Verschiedenheit auf die befriedigendste Weise durch die Untersuchungen von MULDER und HERMANN dargethan, von welchen wir vorzugsweise die ersteren hier in gedrängter Kürze mittheilen wollen, da sie entschieden das Gepräge der grösseren Vollendung an sich tragen. LIEBIG konnte diese, da sie erst nach der Herausgabe seines Werks veröffentlicht wurden, freilich noch nicht kennen.

MULDER hat also sieben Substanzen bis jetzt in der Dammerde aufgefunden, welche er in humusartige und quellartige eintheilt. Die humusartigen sind: Erdsäure, Huminsäure und Humin, Ulminsäure und Ulmin. Von diesen sind nur Humin und Ulmin unlöslich, während die anderen so wohl für sich, als auch besonders in ihrer Verbindung mit Ammoniak und Alkalien sehr löslich sind. Ausserdem aber werden Humin und Ulmin beständig zersetzt, und zwar geht das Humin = C ^{40} H ^{16} O ^{15} (1) durch Verlust von 3 Aeq. Wasser = 3 H O in Huminsäure = C ^{40} H ^{12} O ^{12} über, das Ulmin = C ^{40} H ^{16} O ^{14} durch Verlust von 2 Aeq. Wasser = 2 H O in Ulminsäure = C ^{40} H ^{14} O ^{12}, beide also in lösliche Modificationen. Ebenso sind

(1) Ich will hier für die ganze Arbeit bemerken, dass ich mich in der Bezeichnung der Aequivalente nach den meisten Engländern (THOMSON) und zwar nach dem Vorgange von PFAFF und GMELIN in Deutschland richte: die Formel für das Wasser ist mir also H O, für Ammoniak H ^{3} N, u. s. w.

die quellartigen, die Quellsäure = C ^{24} H ^{12} O ^{16} und die Quellsatzsäure = C ^{48} H ^{12} O ^{24}, in ihren Verbindungen mit Ammoniak und Alkalien leicht löslich. Aus dieser Analyse, welche die Abweichungen der früher gefundenen Resultate so genügend erklärt, folgt also erstlich, dass sich die Bestandtheile der Dammerde in solche theilen, welche in Wasser und Alkalien sehr leicht, und in solche, welche nicht löslich sind: da nun immer beide vorkommen, und noch dazu die beiden unlöslichen Substanzen leicht in die lösliche Modification übergehen, so ist von Seiten der Löslichkeit hier nichts einzuwerfen. Es ist also zufällig, dass SPRENGEL grade die unlösliche oder schwer lösliche Modification vor sich hatte, (:wie es scheint Humin, das vielleicht mit Quellsäure oder Quellsatzsäure ein unlösliches Salz bildet? MULDER giebt freilich nicht an, dass er ein solches gefunden hätte, aber es würde daraus erklärt, warum SPRENGEL's Humussäure weniger Wasserstoff als Sauerstoff enthielt:). Jedenfalls scheint in der Analyse die Quell- und Quellsatzsäure so wie auch die Erdsäure seiner Humussäure zu entsprechen, während Humin und Huminsäure wie MALAGUTI's Humussäure Wasserstoff nnd Sauerstoff zu gleichen Aequivalenten, also im Verhältnisse des Wassers enthalten. Ulmin und Ulminsäure enthalten dagegen mehr Wasserstoff als Sauerstoff und kämen also mit PELIGOT's Humussäure in dieselbe PROUT'SCHE Klasse. Dessenungeachtet stimmen diese Analysen keines Weges genau, wie man schon aus der Vergleichung der PELIGOT'SCHEN Humussäure, welche 5 Aeq. Wasserstoff mehr als Sauerstoff enthält, mit den Ulminsubstanzen sieht, da diese nur 2 Aeq. Wasserstoff mehr enthalten, als dem Wasserbildungsverhältnisse entsprechen würde. Ebenso müssten die Quell- und Quellsatzsäure so wie die Erdsäure schwer löslich sein, wenn sie der SPRENGEL'SCHEN Humussäure genau entsprechen sollten. Allein aus dem Détail der MULDER'SCHEN Arbeiten über die Dammerde, wie er dies in seiner *Proeve eener algemeene physiologische scheikunde* (1) auseinandergesetzt hat, geht die Ungenauigkeit der Analysen

(1) Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie, aus dem Holländischen übersetzt von JAC. MOLESCHOTT, Heidelberg bei Winter.

von MALAGUTI, PELIGOT und SPRENGEL hervor, die nur von *einer* Humussäure reden, als gäbe es nur eine bestimmte Substanz in der Dammerde. Man kann, wenn man dies berücksichtigt, wohl keine grössere Uebereinstimmung in den Analysen erwarten, und ich wollte hier bloss darauf aufmerksam machen, wie der räthselhafte Widerspruch in den Resultaten jener drei Analytiker durch die verschiedenen Substanzen, welche MULDER in der Dammerde nachgewiesen hat, ganz natürlich aufgelöst wird. Was nun die HERMANN'SCHEN Arbeiten betrifft, so stimmen diese in Hinsicht des Löslichkeitsverhältnisses so wie auch darin, dass nach ihm die Humussubstanzen in alle drei PROUT'SCHE Klassen zu vertheilen sind, mit den MULDER'SCHEN überein. Das ist aber hier die Hauptsache; ich glaube mich deshalb der ausführlicheren Mittheilung seiner Resultate überheben zu können, und zwar um so mehr, weil seine Arbeit in der Genauigkeit und Abrundung der Resultate der MULDER'SCHEN weit nachsteht, was schon aus dem Vergleich der Ergebnisse seiner späteren Arbeit, die im 3ten Jahrgang van LOEWIG's Repertorium mitgetheilt sind, mit denen der früheren erhellt. Ueberdies müssen wir unten auf seine Arbeit zurückkommen. Dass indessen seine Arbeit in der Hauptidée so ganz mit der MULDER'SCHEN übereinstimmt, spricht nicht undeutlich für die Richtigkeit dieser Thatsachen im Allgemeinen.

Die erste Hälfte des ersten LIEBIG'SCHEN Grundes wäre hiermit widerlegt. Die zweite Hälfte aber kann gegen die Aufnahme der Humus- und Quellartigen Substanzen als solche nichts aussagen. Wenn durch die Sommerhitze alles Wasser verdunstet und so die Erde ausgetrocknet ist, oder wenn im Winter das Wasser gefroren ist, so fehlt das Lösungsmittel, und damit das Mittel der Assimilation. Dies ist ganz natürlich, es gilt aber ebenso für die anorganischen Substanzen wie für die organischen, welche die Pflanze dem Boden möglicher Weise entzieht: gegen die Aufnahme der anorganischen Bestandtheile macht LIEBIG aber mit Recht daraus keine Folgerung, wir dürfen also auch gegen die der organischen daraus nichts schliessen. Ausserdem hat aber schon MOHL darauf aufmerksam gemacht, dass die anhaltende Sommerhitze und die daraus folgende Dürre des Bodens, so wie die Härte, welche strenge Winterkälte hervorbringt, die Fruchtbarkeit bedeutend beeinträchti-

gen. Diese Erfahrung widerspricht also der Annahme, dass die Humussubstanzen von der Pflanze aufgenommen werden, durchaus nicht.

Es scheint hiernach überflüssig noch anzuführen, dass BERZELIUS bei der Behandlung von Gartenerde mit kaltem Wasser eine gefärbte Lösung erhielt: ich habe diesen Versuch wiederholt mit gleichem Erfolge angestellt, der sich ja auch nothwendig aus den Untersuchungen MULDER's und HERMANN's ergiebt. Es war wohl zufällig, dass LIEBIG eine unlösliche Gartenerde hatte, über deren Beschaffenheit er indessen nichts Näheres angiebt. Die Verbindungen von Quell- und Quellsatzsäure mit Kalk und Eisenoxyd sind z. B. unlöslich, und diese herrschten vielleicht in LIEBIG's Gartenerde vor. Es ist jedoch natürlich, dass er damals seine Erde darauf nicht untersuchen konnte, da wie schon oben bemerkt die MULDER'SCHEN Entdeckungen zur Zeit noch nicht bekannt waren.

Als zweiten Grund gegen die Aufnahme seiner Humussäure bringt LIEBIG die geringe Menge der Basen vor, welche man in der Asche der Pflanzen erhält. Durch diese könne nur eine unbedeutende Menge von Humussäure gebunden und in die Pflanzen übergeführt werden. Allein er nimmt dabei den humussauren Kalk als das humusreichste Salz an, und dabei könnte nach seiner Rechnung schon $^1/_{30}$ des Holzertrags aus dem Kohlenstoff der Humussäure erklärt werden. In der später von MULDER erschienenen Arbeit ist aber nachgewiesen, dass die Huminsäure und Ulminsäure eine äusserst starke Verwandtschaft zum Ammoniak haben, und da dieses Salz bei der Verbrennung nicht als Asche mit zurückbleibt, so blieb also die Kohlenstoffmenge, welche durch Vermittelung des Ammoniaks in die Pflanze gelangt sein konnte, unberücksichtigt. Es ist hierbei wohl ziemlich gleichgültig, ob, wie MULDER meint, das Ammoniak als solches von der Humin- und Ulminsäure aus der Luft absorbirt wird, oder wie HERMANN behauptet, bei der Fäulniss von Holz Stickstoff und Sauerstoff absorbirt werden und sodann Nitrolin = $N^5 C^{56} H^{40} O^{18}$ gebildet wird, woraus dann nach ihm Ammoniak an die verschiedenen Humussubstanzen gebunden entstünde. Ich möchte mich indessen für MULDER's Ansicht entscheiden, erstens weil alles atmosphärische Wasser, sei es Thau oder Regen, mit Ammoniak, dem letzten Product der Verwesung thierischer Substanzen, geschwängert ist, so dass es viel natürlicher ist von die-

sem Ammoniak der Atmosphäre direct als von ihrem mit Sauerstoff gemengten Stickstoff das Ammoniak des Humussalzes abzuleiten, zweitens aber entspricht MULDER's Analyse weit mehr der Schärfe, welche man von einer chemischen Untersuchung verlangen kann.

LIEBIG hat ausserdem bei der Berechnung angenommen, dass die Basen, welche einmal mit Humussäure gesättigt aufgenommen wurden, nicht in die Erde zurückkehren. Diese Annahme hat aber wenig Wahrscheinlichkeit. Einmal scheint LIEBIG selbst bei seiner Lehre über die Excremente auch anorganische zu unterscheiden. Und ich möchte sagen es müssen anorganische Bestandtheile theilweise wieder ausgeschieden werden. Denn wenn wir voraussetzen — und das müssen wir doch hier — dass die organischen Substanzen, die mit jenen Basen in die Pflanzen übergingen, assimilirt wurden, so sind dadurch jene Basen wieder frei geworden. Da wir nun die anorganischen Basen gewöhnlich nur an Säuren gebunden in den Pflanzen finden, so ist es sehr leicht möglich, dass sie, nachdem sie frei geworden sind, ausgeschieden werden, um darauf mit neuer Säure gesättigt zum zweiten Male aufgenommen zu werden. Freilich ist es möglich, dass von der Humin- und Ulminsäure bei der Zersetzung eine Säure an jene Basen gebunden übrig bleibt, etwa die Kleesäure, wenn es nicht vielleicht noch wahrscheinlicher ist, dass jene Säuren ganz in Zucker, Stärke, u. s. w. übergehen. Die Huminsäure wenigstens brauchte dazu nur Wasser zu binden. In diesem Falle wären aber jene anorganischen Basen doch wenigstens theilweise wieder frei, fänden also in der Pflanze keine Verwendung und könnten ausgeschieden werden. Jedenfalls ist es somit eben so leicht denkbar, dass dieselben Basen wiederholt den Pflanzen die organischen Säuren der Dammerde zuführen, als dass dies nur ein Mal geschehen sollte. Auf der anderen Seite wird aber schon durch die Vermittelung des Ammoniaks in seiner Verbindung mit den Humussäuren Kohlenstoff genug gewonnen, um den Humussubstanzen einen wesentlichen Einfluss auf die Vegetation zuzuschreiben. Es ist also überflüssig den LIEBIG'SCHEN Rechnungen andere gegenüber zu stellen, die auf blosse Annahmen gegründet sind, da sie durch eine empirisch feststehende Thatsache, die aber damals noch nicht bekannt war, widerlegt werden. Die Rech-

nungen, die SCHLEIDEN in seiner Schrift: «LIEBIG und die Pflanzenphysiologie,» S. 17 u. 18 angeführt hat, durch welche er nachweisen wollte, dass die Pflanzen ihren Kohlenstoff auch einer anderen Quelle verdanken konnten, beweisen aber nichts, weil das aus den Pflanzen verdunstete Wasser, welches nach ihm Kohlensäure genug enthält, um allen Kohlenstoff der Pflanzen zu erklären, diese Kohlensäure der Atmosphäre entlehnt haben konnte, oder vielmehr grösstentheils entlehnt haben musste. Diesen Punkt hat SCHLEIDEN merkwürdiger Weise gar nicht berührt.

Im dritten Grunde, den LIEBIG gegen die directe Assimilation der Substanzen in der Dammerde anführt, stützt er sich auf die geringe Menge Wasser, welche dem Boden im Regen zukommt. Nach SCHÜBLER fallen bei Erfurt auf einen Morgen Land nur 700,000 ℔ Regenwasser in den Monaten April, Mai, Juni und Juli. Abgesehen davon, dass diese Monate wohl nicht grade Regenmonate sind, hat LIEBIG hier den Thau, durch den die Erde wohl noch mehr Wasser erhält, als durch den Regen, gänzlich bei der Rechnung vernachlässigt. Aber wenn das auch nicht wäre, so ist schon diese Regenmenge hinreichend um eine bedeutende Quantität der Humussäuren assimilationsfähig zu machen, da es ja einerlei ist, ob diese für sich oder in Salzform in die Pflanzen gelangen. Nun ist aber selbst nach SPRENGEL das humussaure Kali im halben, und das humussaure Ammoniak im einfachen oder doppelten Gewicht Wasser löslich. Noch genaueren Aufschluss hat uns aber, wie schon oben auseinandergesetzt ist, MULDER über die Löslichkeit der Humate gegeben. Von dieser Seite her kann man also nicht den geringsten Zweifel gegen die Aufnahme der Humussubstanzen hegen.

Die Angabe LIEBIG's, welche im vierten Grunde enthalten ist, dass cultivirtes Land und uncultivirtes gleichviel Kohlenstoff liefern, hat für seine Meinung in Betreff der humosen Substanzen keine Beweiskraft. Ich muss hier vorerst auf die MOHL'SCHE Bemerkung zurückkommen, die in seiner Schrift: «LIEBIG's Verhältniss zur Pflanzenphysiologie S. 17,» ausgesprochen ist, dass hier eine Verwechselung von ungedüngtem Boden mit humusfreiem zu Grunde liegt, insoferne LIEBIG Wald und Wiese als uncultivirtes, Ackerland dagegen als cultivirtes betrachtet. Dass nun aber Wald und Wiese auch dann,

wenn sie nicht gedüngt werden, nicht frei von Humus sind, folgt beim ersteren aus dem fallenden Laub, welches in Fäulniss übergeht, auf den Wiesen aus den Stoppeln, die doch immer stehen bleiben. Dass aber dieser Humus durchaus nicht nutzlos ist, ist durch ganz bestimmte Beobachtungen constatirt. So liegen bestimmte Erfahrungen darüber vor, dass in den Wäldern durch das Laubrechen der Holzertrag entschieden vermindert wird; vgl. HUNDESHAGEN's Beiträge zur gesammten Forstwissenschaft, Band I, Heft. 2. S. 95. Darum beweist auch LIEBIG's Beispiel von Böhmen nichts, denn ein Acker, der mehre Jahre hindurch bebaut ist, muss nothwendiger Weise, auch ohne dass er gedüngt ist, Humus enthalten. Ebenso kann man den Umgebungen des Vesuv den Gehalt an organischen Bestandtheilen nicht absprechen. Der Boden ist dort nämlich Jahrhunderte lang cultivirt gewesen, und er wird in der Regel nicht so hoch von der ausgeworfenen Asche überschüttet, dass der Humus des überdeckten Bodens den Wurzeln der folgenden Vegetation nicht mehr zu Nutzen kommen könnte. Nun geht aber noch ausserdem von acht Erndten, (vgl. MOHL am selben Orte S. 47.) eine durch Verschüttung zu Grunde, so dass die Natur selbst da für reichlichere Humusbereitung sorgt. Einerseits is also der ungedüngte Boden nicht humusfrei.

Auf der anderen Seite ist aber auch die Angabe, dass cultivirtes Land und uncultivirtes gleich viel Kohlenstoff produciren, unrichtig. Unrichtige Berechnungen müssen LIEBIG dazu verführt haben diese Gleichheit des Ertrags anzunehmen. Nach PABST ist der Ertrag eines Morgens Wiesen in Hessen so verschieden, dass er zwischen fünf und zwischen vierzig Centnern Heu schwankt. LIEBIG nimmt nun die Zahl 25 als Durchschnittszahl an, die offenbar zu gross ist: sie ist zu gross selbst dann, wenn man das Medium aus dem Maximum und Minimum berechnet, was bekanntlich in naturwissenschaftlichen Bestimmungen nicht erlaubt ist: nur das Mittel, welches man aus der Zusammenrechnung aller Beobachtungen findet, ist hier statthaft. So wechselt die Menge des Kohlenstoffs, der von verschiedenen Kulturpflanzen auf einem Joche gewonnen wird, nach HLUBECK (1) zwischen fünf bis fünf und funfzig

(1) Beleuchtung der organischen Chemie des Herrn Dr. J. LIEBIG, in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie S. 22. vgl. eben daselbst die beigefügten Tabellen.

Centnern. Am selben Orte S. 21. führt HLUBECK an, dass nach bestimmten Versuchen von BLOCK auf gedüngtem Boden 4200 ℔ an Korn und Stroh vom Rocken eines Morgens geerndtet wurden: während auf ungedüngtem Boden nur 950 ℔ gewonnen wurden, also da nach der Erfahrung der Landwirthe, auf welche man sich doch in diesen Dingen allein verlassen kann, der Kohlenstoffgehalt in den Pflanzen im Durchschnitt 44 procent beträgt, vom gedüngten Boden 1848 ℔ Kohlenstoff, vom ungedüngten dagegen nur 418 ℔. Denn das ist gewiss nicht wahrscheinlich, dass der Rocken auf gedüngtem Boden verhältnissmässig so viel weniger Kohlenstoff enthalten sollte, dass der Ertrag wirklich gleich würde. Beiläufig gesagt, hat MOHL Recht, wenn er in der mehrmals angeführten Schrift S. 15 in der Note LIEBIG's Angabe des Ertrags an Rocken für sehr gering hält. LIEBIG meint doch gewiss cultivirten und gedüngten Boden wenn er S. 13 den Ertrag im Ganzen zu 2580 ℔ anschlägt: nach BLOCK erhält man, wie wir so eben gesehen haben, von gedüngtem Boden 4200 ℔. LIEBIG muss wie gesagt hier falsche landwirthschaftliche Data vor sich gehabt haben, denn wo er selbst näher chemisch untersucht hat, findet er das Richtige. Nach S. 120 nimmt der Stärkegehalt und folglich die Kohlenstoffmenge der Kartoffeln in einem humusreichen Boden zu, und S. 153 had LIEBIG diesen Satz selbst allgemein ganz richtig ausgesprochen, indem er sagt: «ein Maximum an Ertrag steht «genau im Verhältnisse zu der Menge der Nahrungstoffe, welche der Pflanze «in der ersten Zeit ihrer Entwickelung dargeboten werden." Es was unmittelbar vorher nur von Kohlenstoffnahrung die Rede.

Nachdem wir so die vier ersten Gründe entkräftet haben, bleibt uns noch die Betrachtung des fünften Grundes übrig, in welchem LIEBIG eine philosophisch-geologische Weltanschauung zu Hülfe nimmt. LIEBIG fragt nämlich, woher denn die Pflanzen den Kohlenstoff genommen hätten, bevor es Humus gab. Wir haben hier zweierlei im Allgemeinen zu erinnern. Das erste, — und das betrifft LIEBIG's ganze Beweisführung — ist, dass er überall die Frage mehr oder weniger dadurch verrückt hat, dass er vorausgesetzt, dass seine Gründe richtig wären, nur den Satz widerlegt, dass die Pflanzen *allen* Kohlenstoff von den Humussubstanzen entlehnen. Dass die

Pflanzen aber den grössern Theil der Kohlensäure der Luft verdanken bezweifelt Niemand, und LIEBIG wollte beweisen, dass die Pflanzen in der Form der Humussäuren gar keinen Kohlenstoff aufnehmen. Zweitens aber glaube ich, dass wir von den Zuständen der Erde und ihrer Bewohner, der Pflanzen und der Thiere, so wie aller ihrer Umgebungen, währenddem sie geschaffen wurden, auf die jetzigen durchaus nicht schliessen dürfen. In der Geschichte der Schöpfung der Erde kommt nothwendig die sogenannte Generatio aequivoca (1) vor: folgt daraus aber, dass jetzt noch immer organische Wesen durch Generatio aequivoca entstehen? Es ist das sehr unwahrscheinlich; empirisch hat es Niemand mit Zuverlässigkeit dargethan, und begriffsmässig ist sie jetzt durchaus nicht mehr nöthig. — Ebenso verhält es sich mit dem Humus. Weil die Pflanzen ihren Kohlenstoff in der Urzeit nicht aus organischen, im Boden enthaltenen Substanzen schöpfen konnten, sollen sie es jetzt auch noch nicht können: sondern jetzt wie damals soll die Atmosphäre die alleinige Quelle für den Kohlenstoff der Pflanzen sein. Allein darin liegt es ja schon ausgesprochen, dass es auch mit der Atmosphäre damals sich anders verhielt als jetzt (2). Jetzt soll dieselbe doch ihren Kohlenstoff durch die ausgeathmete Kohlensäure der Thiere bekommen. Wo-

(1) Ich stimme ganz mit MULDER überein, wenn er S. 85. seiner proeve eener algemeene physiologische scheikunde (1), den Streit über die Generatio aequivoca für einen leeren erklärt, indem ihm das Eichen und das organische Molécule identisch sind. Ich erkläre das Eichen, als eine organische Zelle, die sich von der gewöhnlichen nur dadurch unterscheidet, dass sich unter gegebenen Umständen ein bestimmtes Individuum aus derselben entwickelt. Wenn man den Begriff des Eichens berücksichtigt, und nicht bloss an ein entwickeltes Säugethier — oder Hühnerei denkt, dann bleibt HARVEY's Wort: omne vivum ex ovo als durchaus richtig stehen. Diejenigen welche für die Generatio aequivoca sprechen, beweisen in letzter Instanz immer nur, dass sich in einer organischen Materie niedrige Pflänzchen und Infusorien bilden, deren Eichen sie nicht gesehen haben. Hat man denn vergessen, wie lange, selbst nachdem DE GRAAF sein Bläschen entdeckt hatte, es noch währte, ehe man das Säugethierei selbst sah? Danach ist es wohl kein Wunder, wenn man das Infusurienei in jener organischen Materie noch nicht gesehen hat.

(2) N. In der fünften Ausgabe hat LIEBIG dies selbst ganz richtig angegeben: es heisst S. 25 «die Atmosphäre der Urwelt war ärmer an Sauerstoff, sie war aber reicher an Kohlensäure, «einer der Hauptbedingungen einer üppigen Vegetation (*Brogniart*)."

(1) S. 88 meiner oben citirten bei WINTER in Heidelberg seitdem erschienenen deutschen Uebersetzung.

her bekam sie denn nun diese, ehe es Thiere gab? Und Thiere gab es ja doch auch nicht vor den Pflanzen. Ich bin weit entfernt zu glauben, dass der Beweis hiermit geliefert ist, die Pflanzen hätten damals in der Atmosphäre keine Kohlensäure vorgefunden, denn es giebt wohl noch andere Quellen für dieselbe als die thierische Lunge, ja man muss wohl annehmen, dass damals die Atmosphäre sehr reich an Kohlensäure war: woher hätte es sonst Materie für die organischen Wesen gegeben? Wenn es sich also damals mit der Atmosphäre anders verhielt, warum soll es sich da auch nicht mit den Quellen der Pflanzenernährung überhaupt anders verhalten haben?

Nachdem wir so diese Betrachtungsweise im Allgemeinen als unzulässig erwiesen haben, ist es wohl kaum nöthig zu zeigen, wie der LIEBIG'SCHE Einwand auch sonst noch leicht umgangen werden konnte. Denn es ist ja immer noch denkbar — und der eben so scharfe wie gründliche MOHL hat auch schon aufmerksam darauf gemacht — dass zuerst Flechten und Moose da waren, die auf durchaus nackten und kahlen Felsen wachsen, und also den Humus entbehren können. Diese konnten ja für die höheren Pflanzen den Humus vorbilden. Aber wie gesagt dergleichen Hypothesen sind durchaus überflüssig, um so mehr da der Satz, dass Humussubstanzen den Pflanzen als solche nützlich sind, jenen anderen gar nicht mit in sich begreift, dass keine Pflanzen ohne Humus leben können. Vielmehr ist das Gegentheil entschieden wahr, wie eben jene niedrigen Pflanzen beweisen.

Bevor ich nun zur weiteren Betrachtung der Lehre LIEBIG's über das Verhältniss der Atmosphäre zu den Pflanzen übergehe, will ich hier noch die HARTIG'SCHEN Versuche besprechen, die LIEBIG selbst in den Anhang gestellt hat, weshalb ich sie nicht als sechsten Grund anführte. HARTIG hat also (1) sehr kleine Glascylinder von 3 Zoll Länge und 4 Linien innerem Durchmesser mit einer Auflösung von humussaurem Kali gefüllt und darin kleine Bohnenpflänzchen gebracht, die freudig wuchsen. Allein die Pflanzen nahmen das Wasser mit Zurücklassung der Humuslösung (:des humussauren Kali:)

(1) Vgl. LIEBIG, S. 192.

auf denn als man die Flüssigkeit nach Verlauf eines Monats untersuchte, fand man nur eine Verminderung der Humusmenge um 0,0001 Loth. Ein Theil derselben hatte sich an den Wurzeln der Pflanzen flockig niedergeschlagen. Und wenn man nun auch annähme, dass die Hälfte jener Verminderung von der Pflanze aufgenommen sei, so würde diese nach LIEBIG und HARTIG doch als ganz verschwindend vernachlässigt werden können. Das Resultat dieser Versuche steht nun mit denjenigen von SPRENGEL und SAUSSURE angestellten durchaus im Widerspruch: es liegt aber auf der Hand warum sich das so verhält, und DE SAUSSURE hat in seinem Aufsatze über die Ernährung der Pflanzen in LIEBIG's Annalen Band XLII. Heft. 3, S. 277 bereits den Grundfehler, den HARTIG machte, angegeben. Seine Röhren waren viel zu klein, daher waren die Wurzeln zusammengedrückt, die noch ausserdem der Luft ausgesetzt gewesen zu sein scheinen, nachdem sie den grössten Theil des Wassers absorbirt hatten. Die schwarze Farbe der Wurzelenden zeigt deutlich, dass sie in Zersetsung begriffen waren. Dass dieses bei einer Pflanze, die so entschieden wie die Bohne zu den Landpflanzen gehört, und nun auf einmal zu einer Sumpf- oder gar zu einer Wasser-Pflanze gemacht wurde, eintrat, ist begreiflich. Es ist allerdings merkwürdig, dass HARTIG hier nicht eine Pflanze wie Pedicularis oder Myosotis palustris, oder doch wie SAUSSURE eine Polygonumart nahm. SAUSSURE bereitete eine Humuslösung, indem er gesiebte Dammerde von Meudon mit der Hälfte ihres Gewichts doppelt kohlensauren Kali's und dem vierfachen Gewicht Wasser einige Minuten kochen liess, und diese Auflösung verdünnte er gehörig mit Wasser: auch für diese Verdünnung scheint HARTIG nicht genügend gesorgt zu haben. Er hatte also humussaures-kohlensaures Kali, (humate de potasse carbonatée). Es wurden nun in Röhren, die höher und mehr als einmal so weit waren als die HARTIG'SCHEN, Pflänzchen (Bidens Cannabina, Polygonum Persicaria) gebracht; nach vierzehn Tagen war die Flüssigkeit merklich entfärbt, und das ursprüngliche Gewicht (von 11 Gramm) der Pflanze hatte um 6 Gramm zugenommen. Die absorbirte Flüssigkeit wurde jeden Tag durch reines destillirtes Wasser ersetzt. Die Pflanze trieb ganz gesunde, lange, weisse Wurzeln, und es entstand weder auf diesen, noch in der Flüssigkeit

ein Absatz. Nach dem Wachsthum waren von 18 Milligram Humus nur 9, also die Hälfte übrig. Dass LIEBIG diese 9 Gramm, welche aufgenommen waren, für verschwindend wenig hält, erklärt sich nur daraus, dass er nicht an die ausserordentlich grosse procentische Wassermenge der Pflanzen gedacht haben mag: diese 9 Milligramm an fester Substanz sind nicht so wenig. Die Zweifel, die LIEBIG darüber erhebt, ob die Humussubstanz wirklich in organischer Form absorbirt wurde, kommen weiter unten allgemein zur Sprache.

SAUSSURE hält es mit Recht für einen Beweis, dass die humose Substanz, nachdem sie aufgenommen war, auch assimilirt wurde, dass sie keine Färbung im Innern der Pflanze hinterliess, wie dies bei färbenden Materien, die nicht assimilationsfähig sind, der Fall ist. Als eine Analogie dazu führt er an, wie das in der entwickelten Pflanze veränderte und assimilirte Stärkmehl des Endospermium im Weizen bei der Behandlung mit Jod keine Reaction mehr zeigt. Denselben Erfolg nun hatten die Versuche SPRENGEL's, und in ähnlicher Weise sah BERZELIUS (1) Pflanzen vortrefflich gedeihen, die er mit einem Extracte begoss, das er aus abgefaultem Rindsdünger genommen hatte. Wenn nun drei ausgezeichnete Experimentatoren ein positives Resultat bei diesen Versuchen erhielten, während HARTIG allein bei sehr unzweckmässig angestellten Versuchen ein negatives bekam (2), so muss man sich doch dahin entscheiden, dass die Pflanzen aus einer solchen Humuslösung wirklich auch die organischen Substanzen aufnehmen.

Um nun die andere Hälfte seines Satzes zu beweisen, berechnet LIEBIG den Kohlenstoffgehalt der Atmosphäre, und nach dieser Rechnung soll derselbe gross genug sein, um den Kohlenstoff aller Pflanzen, der Stein- und Braunkohlenlager zu erklären. Abgesehen davon, das LIEBIG den Kohlensäuregehalt der Luft wohl etwas zu hoch nimmt, wenn er ihn auf 0,001 veranschlägt, da er doch nach den sehr genau übereinstimmenden Untersuchungen

---

(1) MOEGLIN'SCHE Annalen, Bd. XXVII. S. 169.
(2) Vgl. LIEBIG S. 37.

von DE SAUSSURE und BOUSSINGAULT nur 0,0005 beträgt, und man doch wohl zu viel auf die Versuchsfehler schiebt, die hier den Gehalt allerdings verkleinern mussten, wenn man ihn um das Doppelte grösser annimmt — so glaube ich, dass diese ganze Betrachtung nur dann etwas entscheiden könnte, wenn seine Gründe gegen die Aufnahme der humosen Säuren stichhaltig wären; nur dann wäre es *nothwendig*, dass aller Kohlenstoff der Atmosphäre entlehnt würde: jetzt ist es nur *möglich*. Dass dies aber bei einigen Pflanzen möglich ist, die aus der Natur ihres Standorts dem Boden keine organischen Substanzen entziehen können, bezweifelt Niemand (1). Ebenso würde die angebliche Kleinheit der Wurzeln der vorweltlichen Pflanzen so wie der Cactus- und Sempervivumarten nur für die Möglichkeit, nicht für die Nothwendigkeit der Kohlenstoffnahrung allein durch die Atmosphäre sprechen. Allein die Pflanzen, deren Reste wir in den Steinkohlen finden, sind theils Farne, welche sich indess durch kleinere Blätter von den jetzigen unterschieden, theils Equisetaceen und Lycopadiaceen, von welchen erstere durch kleine schuppenförmige, letztere durch schmale lineare Blätter ausgezeichnet waren. Dass diese Pflanzen aber Wurzeln haben mussten, folgt schon aus ihrer ausserordentlichen Grösse, es waren aber Faserwurzeln, welche die Dünne durch die Anzahl compensirten (1). Es fehlten also die Wurzeln keineswegs, was ja auch schon deshalb nicht sein konnte, weil die Pflanzen doch auch die anorganischen Bestandtheile durch die Wurzeln aufnehmen müssen.

Die Menge der Kohlensäure in der Atmosphäre ist nun im Durchschnitt immer dieselbe. Dieses Gleichgewicht wird nach LIEBIG erhalten durch das Wechselverhältniss, welches zwischen Thieren und Pflanzen stattfindet. Diese zerlegen die Kohlensäure, welche jene ausathmen, binden den Kohlenstoff und hauchen Sauerstoff dafür aus. So sehr dieses Gesetz den Schein der Präcision für sich hat, so leicht lassen sich doch Zweifel gegen dasselbe erheben. Wie dies schon von WOODHOUSE, TATUM, ELLIS, BÉRARDY, RUHLAND,

(1) Siehe MULDER's *proeve eener algemeene physiologische scheikunde*, S. 69 (1).
(2) Vgl. MOHL am selben Orte S. 25 und folg. in der Note.

(1) S. 74 meiner Uebersetzung.

GRISCHOW, INGENHOUSS, DAVY und SAUSSURE so wie in letzter Zeit von HLUBECK geschehen ist, ist bekannt. Es ist also das besonders geltend gemacht, dass die Pflanzen bei Nacht Sauerstoff einsaugen und Kohlensäure ausathmen. Dieser Zweifel wird dadurch nicht vernichtet, dass LIEBIG das Ausathmen der Kohlensäure einen rein physikalischen Verdunstungsprocess, die Einsaugung des Sauerstoffs (1) einen rein chemischen Oxydationsprocess — z. B. die Verharzung des aetherischen Oele — nennt; und dies schon deshalb nicht, weil wir, wie dies in der Einleitung zur Genüge auseinandergesetzt ist, im Organismus nicht von chemischen und physikalische Kräften im *Gegensatze* zur Lebenskraft reden dürfen. Aber wenn das auch erlaubt wäre, so bliebe es doch einerlei, auf welche Weise die Luft an Sauerstoff ärmer, an Kohlensäure reicher gemacht wird, wenn dabei das Gleichgewicht gestört würde. Dieses läugnet LIEBIG freilich, und stützt sich dabei auf folgenden Versuch, den SCHLEIDEN mit Unrecht so scharf angriff. Er beobachtete Wasserpflanzen unter dem Eise, diese schieden von der Sonne beschienen Luftbläschen aus, welche nach ihm sich beständig vermehrten und aus reinem Sauerstoff bestanden. Die Eisdecke ist zwar kein hermetischer Verschluss, und der Sauer-

(1) LIEBIG thut Unrecht, wenn er sagt, der Sauerstoff habe mit dem Leben der Pflanze nicht das Geringste gemein. Ich glaube aber diesen Fehler mehr auf Rechnung seiner lebendigen Schreibart als auf die seiner Ansicht bringen zu müssen: wir sehen im ganzen Buch, dass LIEBIG sich leicht zu allgemeinen Aphorismen verleiten lässt. Es war ihm wohl nicht unbekannt, wie nachtheilig eine von Sauerstoff beraubte Atmosphäre nach DUTROCHET und SAUSSURE auf die Pflanzen wirkt. Die Bildung der bei der Nachtzeit ausgeathmeten Kohlensäure ist ausserden nach den Versuchen von VROLIK und DE VRIESE von dem eingesogenen Sauerstoff abhängig. Wie wichtig der Sauerstoff namentlich beim Keimungsprocesse ist, hat schon HUMBOLDT in seinen Aphorismen gezeigt. Nach HLUBECK ist die Keimung ein Decarbonisationsprozess, und auch nach SCHLEIDEN ist die Zerstörung der kohlenstoffreichen Substanzen durch Oxydation grade der Keimung eigenthümlich. Durch den Kleber wird die Stärke in Gummi, dieses in Zucker, und der Zucker wieder in andere Substanzen verwandelt. Es wird dabei Kohlensäure entbunden und Essigsäure ausgeschieden. Da Weingeist mit condensirtem Sauerstoff (: z. B. durch Platinmohr:) in Verbindung sehr leicht in Essigsäure übergeht, so stellt SCHLEIDEN die Hypothese auf, dass beim Keimen Weingeist ausgeschieden würde, der durch Oxydation gleich beim Austreten in Essigsäure überginge. So bestände eine merkwürdige Analogie zwischen dem ersten Keimungsakte und der Gährung. Es ist aber nur eine Hypothese, die doch wohl etwas allzusehr gewagt ist, so lange man eine solche Condensation von Sauerstoff bei der Keimung nicht nachweist.

stoff in Wasser löslicher als der Stickstoff: allein in einer kurzen Zeit kann doch wohl so viel Sauerstoff nicht durchgelassen werden, dass der Versuch gestört würde. Dem sei nun wie ihm wolle — wir wissen auf der anderen Seite noch, dass es wahrscheinlich ist, dass nicht alle von den Pflanzen aufgenommene Kohlensäure zersetzt wird, sondern wahrscheinlich ein grosser Theil des Sauerstoffs von zerlegtem Wasser herrührt. Indessen bleibt es für die Gleichgewichtstheorie einerlei, woher der Sauerstoff stammt, den die Pflanzen an die Luft abgeben, und ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass dies Gleichgewicht wirklich stattfindet. Kann nicht die grössere Intensität des Lebensprocesses bei Tage bewirken, dass die nächtlich von den Pflanzen ausgeathmete Kohlensäure und der eingesogene Sauerstoff von keinem Einflusse sind? Wir haben hier einen Erklärungsgrund für das sich stets erhaltende Gleichgewicht zwischen den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft, warum sollen wir uns nicht an diesen halten, so lange wir keinen anderen dafür kennen und dieser eine nicht widerlegt wird? Denn so viel glaube ich gezeigt zu haben, dass jener Einwurf von GRISCHOW und SAUSSURE wenigstens nicht nothwendig ist: sie hätten nachweisen sollen, dass in der Nacht so viel Kohlensäure ausgeathmet und Sauerstoff eingesogen wird, dass dadurch, wenn es keine andere Compensationsmittel gäbe, das Gleichgewicht gestört werden müsste. Dass durch die Pflanzen die Kohlensäure nicht absolut vermehrt wird, sieht man an der sich im Durchschnitt gleichbleibenden Menge, welche sich in der Luft vorfindet: das Gegentheil ist durch Messungen nicht erwiesen. Bei der Erhaltung dieses Gleichgewichts scheint grade die organische Materie, die aus dem Boden aufgenommen wird, nicht unbedeutend zu sein, möge sie nun in jener organischen Form oder als Kohlensäure absorbirt werden. Es wird doch wahrscheinlich auch von dieser etwas Sauerstoff ausgeschieden, so dass wir darin noch eine Quelle hätten für die Verbesserung der Luft. —

Wir hätten nun zu LIEBIG's positiver Lehre über das Verhalten des Humus überzugehen; wir wollen aber vorher noch den Aphorismus, den er gegen MEYEN geltend macht, betrachten, nämlich: «dass keine Materie als «Nahrung für die Pflanze angesehen werden kann, deren Zusammensetzung

«ihrer eigenen gleich oder ähnlich ist.» Dem Begriffe der Nahrung widerspricht es aber durchaus nicht, wenn wir annehmen, dass dem Organismus ähnlich oder gleich zusammengesetzte Materien von demselben aufgenommen werden: um dies zu zeigen ist es bloss nöthig hier an die fleischfressenden Thiere zu erinnern. Freilich beweist diese Analogie nichts, aber es müstte doch für die Pflanze der Beweis geliefert werden, dass für sie der Begriff der Nahrung ein anderer ist. Ich glaube aber den Beweis vom Gegentheil führen zu können, und zwar sowohl durch die Beobachtung wie durch das Experiment. Was die Beobachtung betrifft so sehen wir, wie die Parasiten, Viscum und Loranthus z. B., sich von ihrem organischen Boden nicht trennen lassen: es folgt daraus ganz klar, dass diese Pflanzen organisirter Substanzen zu ihrer Nahrung bedürfen. Ja es giebt sogar Parasiten, deren Blätter keine grüne Farbe haben. Diesen geht also die Fähigkeit ab Kohlensaüre zu zerlegen: sie müssen also nothwendiger Weise organische Stoffe aufnehmen. Diese Beobachtung wird kräftig unterstützt durch jene andere, welche von MULDER herrührt. Dieser analysirte die sogenannte Mater aceti, welche sich sowohl in Wein- als in Bieressig bildet, gleich viel, ob darin organische Substanzen aufbewahrt wurden oder nicht. Es gehört dieselbe nach Persoon zu Mycoderma, nach Agardh zu Hygrocrocis. Sie war aus den Bestandtheilen des Essigs, welcher sich in Wasser verwandelte, zusammengesetzt, also aus Essigsäure, Protein und Wasser. Anorganische Bestandtheile sind gar nicht in derselben enthalten, denn es blieb bei der Verbrennung keine Spur von Asche zurück. Bei der trockenen Destillation blieb viel Kohle zurück, indem eine Flüssigkeit überging, aus welcher durch Kali Ammoniak entwickelt wurde: es ist demnach ein stickstoffhaltiger Körper in derselben enthalten. Man kann nun annehmen, dass die Pflanze deren Zuzammensetzung =

$$= N^{5}\ C^{136}\ H^{115}\ O^{96}$$

ist, aus 1 Aeq. Protein $= N^{5}\ C^{40}\ H^{31}\ O^{12}$

und 4 Aeq. Cellulose $= C^{96}\ H^{84}\ O^{84}$

$= N^{5}\ C^{136}\ H^{115}\ O^{96}$ bestand,

oder dass sie aus:

1 Aeq. Protein .	=	$N^5 C^{40} H^{31} O^{12}$
24 Aeq. Essigsäure	=	$C^{96} H^{72} O^{72}$
und 12 Aeq. Wasser .	=	$H^{12} O^{12}$
	=	$N^5 C^{136} H^{115} O^{96}$

zusammengesetzt ist. Hieraus geht also auf's entschiedenste hervor, dass Essigsäure ein Nahrungsstoff für die Pflanzen sein kann. Der Raum war verschlossen, und es konnte demnach durch die Essigsäure = $C^4 H^3 O^3$ unmöglich 8 O gebunden werden, um 4 CO^2 und 3 HO zu bilden. Vgl. MULDER, scheikundige onderzoekingen gedaan in het laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, S. 548, wo er sagt: «diese Beobachtung (1) verdient jetzt besondere Aufmerk-«samkeit, weil jetzt mehr als je davon die Rede gewesen ist, dass organi-«sche Stoffe erst gänzlich in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zerlegt «werden müssen, ehe sie den Pflanzen zur Nahrung gereichen können." Ich will hier noch die Beobachtung erwähnen, dass Pflanzen mit verdünntem Essig begossen besonders üppig gedeihen: ich weiss wohl, dass es sehr leicht möglich ist, dass hier die Essigsäure zuerst durchaus in Kohlensäure und Wasser verwandelt wird, aber nach der schönen Beobachtung von MULDER ist es wenigstens sehr wahrscheinlich, dass hier auch die Essigsäure direct von Nutzen ist. Zu diesen Beobachtungen gesellen sich nun einerseits die Versuche von SAUSSURE und DAVY, (:s. dessen Agriculturchemie, in der WOLFFSCHEN Uebersetzung S. 305:) welche den Pflanzen eine Lösung von Gummi und Zucker gaben, die allezeit absorbirt wurde, wenn nur die Lösung diluirt genug war, andererseits aber die Versuche von SAUSSURE und SPRENGEL, nach welchen die Humussubstanzen auch absorbirt werden. Dass hier die Versuche von Anderen einen entgegengesetzten Erfolg hatten, erklärt sich ganz einfach daraus, dass sie zu concentrirte Lösungen nahmen.

(1) LIEBIG hat diese Beobachtung in seinen Annalen mitgetheilt, ohne sich darüber auszusprechen, wie er dieselbe mit seiner Lehre in Verbindung bringt.

Das Vorkommen der Humussubstanzen in Ausschwitzungen kranker Bäume beweist nichts, schon weil es fraglich ist, ob hier die Humussubstanz als solche ausgeschwitzt, oder ob sie durch Verwesung der Ausschwitzung entstanden ist: und selbst wenn ersteres der Fall wäre, so würde daraus nur gefolgert werden können, dass der Baum zu viel humose Substanz aufgenommen hatte. BERZELIUS fand dieselbe in der Rinde vieler Bäume. LIEBIG hält nun Annalen Band XXXXVI. S. 94 die Rinde für ein Excrement. Wenn sie das wäre, so folgt daraus gegen die Assimilationsfähigkeit der Humussubstanzen eben so wenig etwas, wie gegen die der stickstoffhaltigen Substanzen für den thierischen Körper aus dem Vorkommen dieser in thierischen Excrementen. Die Rinde ist aber keinesweges Excrement. Der lebende Theil nimmt an den Functionen des Pflanzenorganismus einen eben so entschiedenen Antheil wie etwa die Haut an denen der thierischen. Der abgestorbene Theil ist aber so wenig Excrement wie die abgestorbenen Haare oder die sich abschälenden Schichten der Epidermis beim Menschen. In diesem Theil der Rinde entstehen die Humussäuren wohl erst nach dem Absterben — durch Verwesung. Es spricht aber nicht gegen die Assimilationsfähigkeit eines Stoffs, wenn dieser in abgestorbenen Theilen vorkommt.

Dagegen scheint die HERMANN'SCHE Entdeckung, die vorläufig in dem Journal für practische Chemie von ERDMANN und MARCHAND Bd. XXVIII. S. 53 mitgetheilt ist, das Vorkommen der Humussubstanzen im Extractivstoff gesunder Pflanzen zu beweisen. Er hat gefunden, dass die Hauptmasse der extractiven Bestandtheile der Pflanzensäfte aus Modersubstanzen besteht. Es ist zu hoffen, dass er genügend darthun wird, dass diese Substanzen wirklich als ein Edukt aus jenen Extractivstoffen und nicht bloss als Produkt der chemischen Behandlung zu betrachten sind (1). Wie wir oben aus der

(1) Es ist sehr beachtenswerth, dass schon EINHOF (: in einem Aufsatze über die Dammerde den er in GEHLEN's neuem allgemeinen Journal der Chemie, Bd. VI. S. 373 und folg. im Jahre 1806 mittheilte:) umgekehrt in der Dammerde den Extractivstoff auffand, Vgl. S. 383 daselbst. Die Vergleichung HERMANN's scheint also nicht ungegründet, und es ist sehr zu wünschen, dass er uns recht bald das Nähere darüber lehren wird.

Darstellung der LIEBIG'schen Lehre sahen, schreibt er dem Humus doch einen Einfluss auf die Vegetation zu, insofern er durch Verwesung in Kohlensäure übergeht. Man muss jedenfalls zugeben, dass dieser Hergang denkbar ist, und theilweise auch wohl wirklich vorkommt, wenn der athmosphärische Sauerstoff in einem lockeren Boden sehr leichten Zugang zu den Humussubstanzen hat (1). Dass diese Metamorphose aber nicht nothwendig ist, damit aus den organischen Substanzen der Dammerde Kohlenstoff in die Pflanzen übergeht, erhellt aus den obigen Betrachtungen. — LIEBIG glaubt nun weiter, dass zunächst die Bestandtheile des Samens nur zur Wurzelbildung gebraucht werden. Allein das vegetabilische Eiweiss, die Stärke und das Gummi des Samens werden beim Keimen gleichzeitig auch zur Bildung der ersten Blätter gebraucht (2). LIEBIG beschränkt nun die Wirkung jener sich aus dem Humus entwickelnden Kohlensäure auf die Zeit, in welcher die Blätter noch nicht weit genug entwickelt sind, um aus der Luft Kohlensäure zu entnehmen, in dieser allein sollen die Würzelchen Kohlensäure aus dem Boden aufnehmen. Später ist es ausschliesslich die Atmosphäre, welche sie liefert. Auch hier ist es, wie ich glaube, nur LIEBIG's lebendige Redeweise, welche jenen Ausspruch veranlasst hat. Warum sollte die Pflanze jetzt auf einmal die Kohlensäure der Dammerde (die humosen Substanzen) verschmähen? Es lässt sich das gewiss nicht begründen, aber LIEBIG will es auch wohl nicht. Er hält im Gegentheil ganz mit Recht die künstliche Humuserzeugung für eine Hauptaufgabe der Wechselwirthschaft, (vgl. seine Schrift,

---

(1) Diesen Zugang hat der Sauerstoff zu den Humussäuren im Wasser, theils durch die Luft, welche das Wasser eingeschlossen hält, theils durch den Sauerstoff des Wassers selbst. Die Humussäuren werden so im Wasser zersetzt: wir sehen theils Kohlensäure durch Verwesung gebildet werden, theils Kohlenwasserstoff (Grubengas). Es ist also nicht nöthig, aus der Löslichkeit der Humussäuren mit LIEBIG zu schliessen, dass die Quellwasser braun gefärbt sein müssten. Eine genaue Untersuchung zeigt, dass die Humin- und Ulminsäure löslich sind: die Quellwasser sind nicht braun: das sind positive Data. Wir dürfen hiernach nur fragen: *warum* sind die Quellwasser nicht braun? Auf den Einfluss der Verwesung hat uns indess LIEBIG selbst sehr richtig aufmerksam gemacht: eine Humuslösung entfärbt sich nach ihm allmälig, wenn sie längere Zeit dem Einflusse der Luft ausgesetzt war.

(2) Vgl. LIEBIGS Agriculturchemie selbst, Seite 115.

S. 154) und dies zwar für die ganze Zeit der ersten Entwickelung der Pflanzen, die er anderwärts bis zur Fruchtbildung rechnet.

Den Grund weshalb bei der Reife der Frucht der Function der Blätter gewöhnlich eine Grenze gesteckt wird, scheint mir LIEBIG ganz richtig darin zu suchen, dass die Produkte ihrer Thätigkeit keine Verwendung mehr finden. Ihre Function ist nicht mehr nöthig, es stockt der Lebensprocess, und so können die Blätter dem Einflusse des Sauerstoffs nichts mehr entgegensetzen. Sie wechseln die Farbe, und das ist schon der Anfang der Verwesung. Dass nun durch diese Blätter dem Boden mehr Kohlenstoff zugeführt wird, als er an Kohlensäure, (oder eventuell an humoser Substanz) abgegeben hatte, beweist nur, dass nicht aller Kohlenstoff der Pflanzen und Bäume vom Humus herstammt. Allein dies letztere hat auch Niemand behauptet, eben so wenig wie irgend Jemand aus der angeführten Thatsache logisch folgern kann, dass die Humussäure der Vegetation nicht förderlich sei. Es wird aber durch diese Thatsache recht deutlich gezeigt, dass man Unrecht hat, wenn man den Waldboden als humusfrei betrachtet: — und dass die Erfahrung gelehrt hat, dass der Humus, der aus den gefallenen Blättern gebildet wird, nützlich ist, beweisen die oben angeführten Berechnungen über die Vermehrung des Holzertrags, wenn man das Laub liegen lässt, und das sich auf diese Berechnungen stützende Verbot das Laub in den Wäldern zu rechen. Wo der Boden kein Laub bekommt nimmt der Humusgehalt, wenn er nicht auf andere Weise ersetzt wird, ab, wie dies durch jene Erfahrung SPRENGEL's bewiesen wird, dass ein Boden der vier Jahre hinter einander Wicken trug, die grün abgemäht wurden, jährlich $^1/_2$ proc. Humussäure verlor. Wenn diese Humussäure sich wirklich in Kohlensäure verwandelt hätte, müsste sie sich nach SPRENGEL grösstentheils verflüchtigt, oder mit dem Regenwasser in die Tiefe gezogen haben (1): es würde also da der Kohlenstoff verloren gehen, und eben deshalb erklärt er die Unfrucht-

(1) Was diesen Punkt betrifft, so ist dagegen nur zu bemerken, dass die tiefer eingedrungenen Salze sich durch Capillarität wieder erheben können.

barkeit mancher Sandbodenarten aus der zu häufigen Auflockerung derselben, wodurch der atmosphärische Sauerstoff und also der Verwesung bedingende Factor, zu leichten Zutritt bekomme. In den Wäldern bilde sich der Humus reichlicher, weil die Luft und das Licht mehr abgehalten werden.

Zum Schlusse dieses Kapitels führt LIEBIG noch an, dass gewöhnliche Holzkohle die Dammerde auf's vollständigste in ihren Wirkungen ersetzen kann. Er stützt sich hierbei auf Versuche von LUCAS, nach welchen die Pflanzen in reiner Holzkohle, vorausgesetzt dass sie häufig begossen werden, weil die poröse Holzkohle so leicht austrocknet, vortrefflich gedeihen. Für die Aufnahme von Kohlensäure lässt sich jedoch daraus nichts schliessen. Nach ZUCCARINI ist die Angabe nicht richtig: es zeigen die Pflanzen nur dann ein üppiges Wachsthum, wenn die Kohle mit Lauberde vermischt ist. Dasselbe Resultat wie diese Münchener Versuche hatten die von NUMAN, welche MULDER in seiner mehrmals citirten physiologischen Chemie, S. 188 in der Note (1) mittheilt. Wenn Sand mit Holzkole und Torfasche vermengt wurde, so wuchsen darin Rocken, Hafer und Buchweizen ganz vortrefflich. JAUME SAINT HILAIRE widerspricht hier, indem er gefunden haben will, dass Kohle mit guter Pflanzenerde vermengt der Vegetation mehr schädlich als nützlich ist. Die Verschiedenheit dieser Ergebnisse mag in der verschiedenen Beschaffenheit der Kohle ihre Ursache haben. Dies gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch eine Angabe von DE SAUSSURE. Nach dieser soll die Kohle oft Vorzüge vor dem Sande haben: mehre Pflanzen entwickelten in Kohlen reife Körner, die im Sande viel früher starben. Dies liegt nach ihm darin, dass pulverisirte Kohle eine organische Substanz, und ausserdem mehre anorganische Salze so wie auch Ammoniak enthält: hierzu kommt dann auch noch die Eigenschaft Kohlensäure zu verdichten. Nach einer Angabe van BUCHNER (2) soll sogar das Kohlenpulver selbst in Humus übergehen. Er verglich Proben desselben Kohlenpulvers, von denen die eine noch gar nicht

(1) S. 187 meiner bie c. F. WINTER erschienenen Uebersetzung.
(2) BERZELIUS Jahresbericht 1841, 3tes Heft. S. 240.

gedient hatte, die andere $^1/_2$ und die dritte 2 Jahr im Treibbeete benutzt war. Aus den beiden letzteren erhielt er eine kleine Quantität Humussäure. Er hält es für wahrscheinlich, dass durch Einwirkung des Lichts, des Wassers und der Luft das Kohlenpulver wirklich allmälig in Humussäure überginge. *Unmöglich* ist es allerdings nicht, ich halte aber doch seinen eigenen Zweifel für sehr begründet, dass diese kleine Quantität von Humussäure von der beigemengten Gartenerde in die Kohle gekommen sei. —

Nachdem wir nun also LIEBIG in seiner ganzen Lehre über die Assimilation des Kohlenstoffs, die wir in *ein* Kapitel zusammengezogen haben, Schritt für Schritt kritisch gefolgt sind, haben wir kurz das Resultat der Untersuchungen so weit sie geführt sind, anzugeben.

Als Hauptquelle für den Kohlenstoff der Pflanzen haben wir die Kohlensäure zu betrachten, welche die Atmosphäre durch den Respirationsprozess der Thiere erhält. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, und bis jetzt durch keine Thatsache widerlegt, dass durch dieses Wechselverhältniss zwischen Pflanzen und Thieren das stetige Gleichgewicht zwischen den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft erhalten wird (1). Eine andere, jedoch bei weitem nicht so ergiebige Quelle wie die atmosphärische Luft, ist die sogenannte Dammerde, deren Säuren theils an Ammoniak, theils an Alkalien, ja selbst an Kalk, Bittererde und Eisenoxyd gebunden in die Pflanzen übergehen, wie dies durch MULDER's Analysen l. l., S. 156. und die Versuche von SPRENGEL und SAUSSURE auf's entschiedenste dargethan ist, welche Forschungen, wie es scheint, noch durch die neue Entdeckung von HERMANN

---

(1) Die Berechnung, welche BLUBECK (S. 31 und folg. in der Beleuchtung von LIEBIG's organischer Chemie:) anstellt, hat keine Beweiskraft gegen diesen Satz, weil nicht alle ausgeathmete Kohlensäure in der Atmosphäre bleibt. Wie viel Kohlensäure wird nicht vom Wasser absorbirt? Rührt aber nicht aller Kohlenstoff der Thiere von den Pflanzen her? Es müssen also auch die Pflanzen im Stande sein so viel Kohlenstoff zu binden, als die Thiere brauchen, und da diese durchaus nicht allen ihren Kohlenstoff als Kohlensäure ausathmen, so kommt noch ein sehr grosser theil des Sauerstoffs, den die Pflanzen ausscheiden, auf die anderen Oxydationsprozesse, was schon der gewöhnlichen Verbrennung wegen durchaus nöthig ist. Ausserdem ist es ja höchst wahrscheinlich, dass ein sehr grosser Theil des Sauerstoffs vom zerlegten Wasser herrührt.

unterstützt werden. Ein Theil der Humussubstanzen aber, besonders in lockerem Boden, geht durch den Sauerstoff der Luft in Verwesung über, dadurch entsteht Kohlensäure: wenn diese gehörig fixirt wird und im Bereiche der Wurzeln bleibt, wird sie von der Pflanze aufgenommen. Jedoch diese Form der Aufnahme ist wohl die seltnere, da gewöhnlich die Luft nicht so freien Zutritt hat, als nöthig wäre, um die Humussubstanzen zur Verwesung zu bringen, und wie SPRENGEL richtig angiebt, auch meistens noch ein grosser Theil der Kohlensäure verloren geht.

Nachtrag zu dem vorhergehenden Kapitel von der Assimilation des Kohlenstoffs.

In der fünften Ausgabe hat LIEBIG an seiner Theorie von der Assimilation des Kohlenstoffs im Wesentlichen nichts verändert, und alles oben gesagte kann also auch unverändert stehen bleiben, denn da wir uns innerhalb der Grenzen der objectivsten Darstellung gehalten haben, die bei noch Lebenden wohl die einzig wissenschaftliche ist, so sind wir der Arbeit, auf den veränderten Ton der Schrift aufmerksam zu machen, gänzlich überhoben.

Auffallend war mir in diesem Kapitel nur, dass die Zahlen so vielfach Aenderungen erlitten haben: es gehört dahin unter vielen anderen, die auch später noch vorkommen, auf S. 12 die Aenderung von 91 in 165, von 5, 6 in 10, 07, auf S. 22 von 1295 in 2216, 66. Es sind diese Aenderungen besonders deshalb störend, weil LIEBIG derselben gar keine Erwähnung gethan hat. —

Die klassischen Untersuchungen über den Humus von MULDER, deren Vortrefflichkeit durch ihre vollkommene Abrundung schon hinreichend erwiesen

würde, wenn nicht die Untersuchungen von HERMANN so wie die früheren von DE SAUSSURE und SPRENGEL dieselben unterstützten, sind S. 8 nur ganz im Vorbeigehen berücksichtigt worden. Diese Untersuchungen scheinen indess dennoch die Auslassung der HARTIG'SCHEN Versuche und die Aufnahme der von WIEGMANN und POLSTORF bekommenen Resultate veranlasst zu haben. Letztere Beobachter verglichen nämlich das Gedeihen mehrer Pflanzen (: Vicia sativa, Hordeum vulgare, Avena sativa, Polygonum Fagopyrum, Nicotiana Tabacum, Trifolium pratense,) in reinem Sande mit dem Gedeihen derselben Pflanzen in künstlicher Ackererde, die ausser Quarzsand, schwefelsaurem Kali, Kochsalz, wasserfreiem Gyps, geschlemmter Kreide, kohlensaurer Bittererde, Manganoxyd, Eisenoxyd, Thonerdehydrat, phosphorsaurem Kalk und unlöslicher Torfsäure die torfsauren Alkalien, torfsauren Kalk, torfsaure Bitter- und Thonerde sowie torfsaures Eisenoxyd enthielt. Es war ganz auffallend, wie viel freudiger diese Pflanzen in jener künstlichen Ackererde als im reinen Sande wuchsen, indem sie theils vollständig reife Früchte trugen, theils aber so kräftig fortkamen, dass sie wohl jedenfalls eben so reife Früchte erzeugt haben würden, wenn man ihr Wachsthum nicht vorher zur Untersuchung unterbrochen hätte.

Was das Zersetztwerden der Kohlensäure und das Aushauchen des Sauerstoffs unter dem Einflusse des Lichts betrifft, so hat LIEBIG hierüber noch den schönen Versuch von H. DAVY angeführt. Dieser liess ein Stück Rasen in kohlensäurehaltigem Wasser unter einer tubulirten Glasglocke, welche die umgebende äussere Luft völlig absperrte, vegetiren und im gewöhnlichen Tageslichte wurde die Sauerstoffmenge des Gasvolumens in der Glocke um 4 procent vermehrt. An diese Bereicherung schliesst sich noch die Berichtigung in Betreff der Aufnahme der Kohlensäure, welche durch die Verwesung organischer Stoffe entsteht, an. S. 43 der neuen Ausgabe beschränkt LIEBIG die Aufnahme derselben nicht wie früher auf die Zeit, in welcher der Pflanze die Blätter noch fehlen, sondern er dehnt diesen Nutzen jetzt ausdrücklich auf alle Zeiten aus. Für diesen Abschnitt so wie für alle folgenden, will ich hier bemerken, dass sehr viele Punkte, welche in

der neuen Ausgabe hinzugekommen oder doch weiter ausgeführt sind, von mir im ursprünglichen Text schon behandelt wurden, weil LIEBIG dieselben schon in seinen Annalen besprochen hatte. Dahin gehört für dieses Kapitel z. B. die S. 43 ausgesprochene Behauptung, dass die Brunnen- und Quellwasser hell und farblos sind, während sie doch braun gefärbt sein müssten, wenn es lösliche Humussäuren gäbe. Es wäre natürlich eine müssige Wiederholung, wenn ich auf diese Punkte in den Nachträgen zurückkommen wollte.

KAPITEL II.

VOM WASSERSTOFF.

A. *LIEBIG's lehre über die Assimilation des Wasserstoffs.*

Was den Wassertoff betrifft, so ist für diesen nach LIEBIG die einzige Quelle das Wasser. Das Wasser muss aber in der Pflanze zerlegt werden, und zwar erstens: weil der Wasserstoff in den zur Constitution der Pflanzen wesentlichen Bestandtheilen nicht in der Form des Wassers enthalten ist; zweitens aber weil das Wasser leichter zersetzt wird als die so schwer zerlegbare Kohlensäure, so dass es am einfachsten ist den Sauerstoff, den die Pflanzen ausathmen, von diesem zerlegten Wasser herzuleiten. Es wird demnach bei Gegenwart von Kohlensäure das Wasser von der Pflanze in der Weise zersetzt, dass der Wasserstoff gebunden, der Sauerstoff hingegen frei gemacht und ausgeschieden wird. Um dies wahrscheinlicher zu machen, wendet LIEBIG seine Hypothese auf mehre Formeln an, welche er aus dem Zusammentreten von Kohlensäure und Wasser durch die eben angegebene Wasserzersetzung und eine theilweise Zersetzung der Kohlensäure entstehen lässt. So soll die Holzfaser aus 36 Aeq. Kohlensäure und 22 Aeq. Sauerstoff, die von 22 Aeq. Wasser herrühren, unter Ausscheidung von 72 Aeq. Sauerstoff entstehen.

Indessen findet nicht in allen Stadien der Entwicklung dieser Prozess nach LIEBIG statt. Beim Reifen der Früchte im Dunkeln nimmt das harzige, wasserstoffreiche Blattgrün ab, indem Sauerstoff absorbirt wird. Durch eben diese Absorbtion und durch eine Ausscheidung von Kohlensäure wird denn auch die Verwandlung von Weinsäure, Citronensäure und Gerbsäure in Stärke, Gummi, Zucker erklärt.

Es giebt sogar Pflanzen, bei welchen nicht bloss jener Wasserstoffsassimilation und Sauerstoffausscheidung aus dem Wasser in einem gewissen Stadium ein Grenze gestellt oder doch wenigstens durch eine anderweitige Sauerstoffabsorbtion das Gleichgewicht gehalten wird, sondern auch solche, die das ganze Leben hindurch den Sauerstoff des Wassers binden und den Wasserstoff entweichen lassen, wie dieses von VON HUMBOLDT an einigen Pilzen beobachtet worden ist.

B. *Beurtheilung von LIEBIG's Lehre von der Assimilation des Wasserstoffs.*

Wenn wir nun LIEBIG's Gründe für die oben auseinandergesetzte Zersetzung des Wassers prüfen, so fällt uns am ersten wiederum der unrichtige Begriff von der Assimilation auf, den wir schon früher bei der Aufnahme der Humussäuren besprochen haben, wo LIEBIG meinte, wenn diese wirklich aufgenommen würden, so müsste die Pflanze innerlich braun gefärbt erscheinen. Allein es scheint wenn auch nicht absolut nothwendig, doch in den allermeisten Fällen charakeristisch für die Assimilation zu sein, dass die Stoffe, welche wahrhaft assimilirt sind, und nicht etwa, wie dies bei vielen erdigen Bestandtheilen der Fall ist, bloss abgelagert werden, ihre ursprünglichen Eigenschaften gänzlich verlieren. In so fern spräche also nichts dagegen, dass das Wasser unzersetzt assimilirt würde, wenn wir auch zugeben, dass es eine irrige Vorstellung wäre, zu glauben, dass der Wasser- und Sauerstoff in der Cellulose, der Stärke, dem Zucker u. s. w. in der Form und mit den Eigenschaften des Wassers enthalten wären. Bei der grossen Menge des Wassers, welche gewissermaassen als Vehikel für andere Stoffe in der Pflanze enthalten ist, wäre es fast ungereimt anzunehmen, dass dieses aus dem Wasserstoff des aufgenommenen Wassers und aus Sauerstoff, der irgendwo anders herrühren sollte, wieder zusammengesetzt würde. Dies kann daher auch keinenfalls LIEBIG's Ansicht von der Sache sein. Allein grade deshalb kann man auch durchaus nicht annehmen, dass alles Wasser, welches in die Pflanzen gelangt, zersetzt würde.

Was nun den zweiten vom Verfasser angegebenen Grund betrifft, dass nämlich das Wasser leichter zersetzt würde, als die Kohlensäure, so kann dieser deshalb durchaus keine Geltung haben, weil man ohne alle Zersetzung der Kohlensäure, wie der Verfasser selbst durch seine Formeln zugiebt, doch nicht ausreicht. Bleiben wir nur bei dem Beispiel, das ich im Auszuge der LIEBIG'SCHEN Lehre angeführt habe; wenn Holzfaser aus 36 Aeq. Kohlensäure und 22 Aeq. Wasser entstanden gedacht werden soll, so müssen 72 Aeq. Sauerstoff ausgeschieden werden: jene 22 Aeq. Wasser liefern aber bekanntlich nur 22 Aeq. Sauerstoff, die 50 übrigen müssen also von der Kohlensäure abgeleitet werden. Man kann ganz einfach durch die Rechnung beweisen, dass es ganz absolut nothwendig ist, dass Kohlensäure zerlegt und Sauerstoff von derselben ausgeschieden werde, um die Entstehung der uns bekannten vegetabilischen Stoffe zu erklären. Wir wollen diesen Beweis sowohl für die stickstoffhaltigen, wie für die stickstoff-freien Bestandtheile führen (1).

A. *Für die stickstoff-freien Bestandtheile.*

Wir nehmen also an, dass diese aus Kohlensäure und Wasser entstehen, und zwar unter Ausscheidung allen Sauerstoffs des Wassers, etwa aus $x\ CO^2 + y\ HO$. Es sind hier drei Fälle möglich 1) x ist grösser als y, 2) x ist kleiner als y, 3) x und y sind gleich.

1) $x > y$, etwa $x = y + z$.

Dann erhält man durch Substitution dieses Werths von x in die obige Formel:

α) $(y + z)\ CO^2 + y\ HO = C^{y+z} H^y O^{2(y+z)} + y\ O$.

Das heisst, die Sauerstoffaequivalente der organischen Substanz wären doppelt

(1) Die diesem Beweis zu Grund liegende Rechnung rührt nicht von mir her. Da aber der scharfsinnige Urheber (1) derselben dieselbe nirgendwo bekannt gemacht hat, so verbietet mir die Anonymität seiner hier Erwähnung zu thun.

(1) Prof. W. DELLFS in Heidelberg. Späterer Zusatz des Verfassers.

so gross als die des Kohlenstoffs: nun verhält sich aber der Kohlenstoff in dem sauerstoffreichsten vegetabilischen Körper zum Sauerstoff wie 2: 3, dies ist die Kleesäure = $C^2 O^3$. Es ist also nicht möglich, dass durch blosse Wasserzersetzung die vegetabilischen Substanzen entstehen, wenn die Menge der Kohlensäure grösser ist als die des aufgenommenen Wassers.

2) $x < y$, $y = x + z$.

Wenn man diesen Werth für y in dieselbe Formel $x\ CO^2 + y\ HO$ einführt, dann erhält man

β) $x\ CO^2 + (x + z)\ HO = C^x H^{x+z} O^{2x} + (x + z)\ O$.

Hier wären wieder die Sauerstoffaequivalente doppelt so gross als die des Kohlenstoffs, wir bekommen also auch keine richtige Formel, wenn mehr Wasser als Kohlensäure aufgenommen wird.

3) $x = y$.

Schreibt man hiernach in der Formel
$x\ CO^2 + y\ HO$ für y x, so bekommt man
γ) $x\ CO^2 + x\ HO = C^x H^x O^{2x} + x\ O$,
also wieder 2 O auf 1 C, was nicht vorkommt. Die Entstehung stickstofffreier Substanzen kan also ohne Zersetzung von Kohlensäure mit Ausscheidung von Sauerstoff nicht gedacht werden.

B. *Für die stickstoffhaltigen Bestandtheile.*

Wir müssen hier das Ammoniak zu Hülfe nehmen. Als Protopyp der stickstoffhaltigen Bestandtheile können wir die Proteinkörper betrachten, deren Zusammensetzung die Formel $N^5 C^{40} H^{31} O^{12}$ zu Grunde liegt. Auf jedes Aeq. Stickstoff kommen demnach 8 Aeq. Kohlenstoff. Wir haben also in den obigen Gleichungen α, β und γ nur die Kohlensäure mit 8 zu multipliciren und für je 8 Aeq. Kohlenstoff 1 Aeq. Ammoniak = $H^3 N$ zu addiren, dann be-

kommen wir mit Weglassung von y O, (x + z) O und x O, die ja ausgeschieden wurden:

$$\delta)\ C^{8(y+z)} H^{y} O^{16(y+z)} + (y+z) H^{3} N = N^{y+z} C^{8(y+z)} H^{4y+3z} O^{16(y+z)}$$
$$\varepsilon)\ C^{8x} H^{x+z} O^{16x} + x H^{3} N = N^{x} C^{8x} H^{4x+z} O^{16x}$$
$$\zeta)\ C^{8x} H^{x} \quad O^{16x} + x H^{3} N = N^{x} C^{8x} H^{4x} \quad O^{16x}$$

und also in jedem Falle C: O = 1: 2, was nicht angeht. Man könnte nun zwar annehmen, dass besonders bei der Aufnahme des Ammoniaks der Wasserstoff desselben mit dem Sauerstoff, der zu viel da ist, Wasser bilde, allein erstens würde da doch die Kohlensäure zersetzt, und zweitens bliebe dann noch die Aequivalentenmenge des Kohlenstoffs zu klein. Man bekäme dann in den Gleichungen

$$\delta)\ N^{y+z} C^{8(y+z)} H^{y} \quad O^{13(y+z)} + 3\,(y+z)\,HO,$$
$$\varepsilon)\ N^{x} \quad C^{8x} \quad H^{x+z} O^{13x} \quad + 3\,x\,HO$$
$$\zeta)\ N^{x} \quad C^{8x} \quad H^{x} \quad O^{13x} \quad + 3\,x\,HO$$

also C: O = 8: 13, während es in der Kleesäure 8: 12 = 2: 3 ist, also immer noch zu viel Sauerstoff. Jene zwei Gründe LIEBIG's beweisen also keinesweges, dass das Wasser zersetzt wird; denn wenn überhaupt Kohlensäure durch den Lebensprocess der Pflanzen zersetzt wird, und das ist ja ausserdem noch empirisch auf die allerschönste Weise von SENNEBIER wie hier a priori geschehen, so kann es der Natur wohl nicht viel schwerer werden, viel als wenig Kohlensäure zu zersetzen.

MULDER nun hegt schnurstracks die entgegengesetzte Ansicht, er sucht wenigstens wahrscheinlich zu machen, dass gar kein Wasser von der Pflanze zerlegt wird. Er weist wenigstens nach, dass es für den Wasserstoff, welcher in die Zusammensetzung der höher organisirten vegetabilischen Stoffe eingeht, andere Quellen als das Wasser giebt. Dass das Wasser nicht die einzige Quelle sein kann, wie LIEBIG behauptet, liegt auf der Hand, da man doch schwerlich annehmen kann, dass die drei Aeq. Wasserstoff, welche für jedes Aeq. Stickstoff mit dem Ammoniak in die Pflanze gelangen, nicht assimilirt werden. MULDER meint nun wie gesagt, dass dieses Ammoniak verbunden

mit dem Wasserstoff, welcher in der Ulminsäure $C^{40} H^{14} O^{12}$ mehr als zum Wasserbildungsverhältnisse nöthig ist, enthalten ist, Wasserstoff genug liefert, um wenigstens die Wasserzersetzung entbehrlich zu machen. MULDER lässt dies Ammoniak auf folgende Weise entstehen. Beim Faulen der Cellulose bleibt nach der Bildung von Kohlensäure, Ulminsäure, Quell- und Quellsatzsäure und Wasser noch eine beträchtliche Menge von Wasserstoff übrig (1). Wenn man von

5 Aeq. Cellulose	$= C^{120} H^{105} O^{105}$
8 » Kohlensäure	$= C^{8} \quad O^{16}$
subtrahirt, dann bleibt	$C^{112} H^{105} O^{89}$
hiervon Ac. ulmicum, crenicum und apocrenicum	$= C^{112} H^{38} O^{52}$
subtrahirt, dann bleibt	$H^{67} O^{37}$,

und hiervon wiederum 37 Aeq. Wasser subtrahirt, so behält man 30 Aeq. Wasserstoff übrig. Diese sollen nun mit dem Stickstoff der atmosphärischen Luft, der von dem Sauerstoff, mit welchem er vermengt war, durch Wasserstoff und Kohlenstoff befreit worden ist, Ammoniak bilden. Es leidet keinen Zweifel, dass durch die Humussubstanzen und das an dieselben gebundene Ammoniak eine ansehnliche Menge Wasserstoff in die Pflanzen übergeht, nur scheint kein Wasserstoff in den Humussäuren selbst enthalten zu sein, der die zur Wasserbildung nöthige Menge überträfe. Nach den MULDER'SCHEN Formeln selbst enthalten nur das Ulmin und die Ulminsäure 2 Aeq. Wasserstoff mehr, als Sauerstoff, indem das Ulmin $= C^{40} H^{16} O^{14}$, die Ulminsäure $= C^{40} H^{14} O^{12}$ zusammengesetzt ist. Nun kann aber das Ulmin als solches, weil es ja unlöslich ist, nicht in Betracht kommen. Gegen die Ulminsäure wiegt aber schon die Quellsatzsäure $= C^{48} H^{12} O^{24}$, welche auf 12 Aeq. Wasserstoff 24 Aeq. Sauerstoff enthält, reichlich auf; ausserdem enthält aber noch die Geïnsäure $= C^{40} H^{12} O^{14}$ 2 Aeq. Sauerstoff mehr als

(1) S. scheikundige onderzoekingen gedaan in het laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool, door G. J. MULDER, Deel II. p. 123.

Wasserstoff, während in der Huminsäure = $C^{40} H^{12} O^{12}$ Wasserstoff und Sauerstoff grade im Wasserbildungsverhältnisse enthalten sind. Dessenungeachtet bleibt in diesen Substanzen und im Ammoniak eine sehr zu berücksichtigende Wasserstoffmenge enthalten. Ich glaube nur nicht, dass diese wirklich gross genug ist, um ohne Wasserzersetzung die Entstehung der vegetabilischen Substanzen zu erklären. Die Humussubstanzen könnten etwa hinreichen um unter Aufnahme von Wasser die Entstehung der in die erste PROUT'SCHE Klasse gehörigen Stoffe — Holzfaser, Stärkemehl, Gummi, Zucker — zu erklären: der Wasserstoff des Ammoniaks reicht aber schon nicht mehr hin, um den Wasserstoffgehalt der Proteinkörper zu erklären: denn

das Protein ist	=	$N^5 C^{40} H^{31} O^{12}$,
Subtrahiren wir hiervon 5 Aeq. Ammoniak	=	$N^5 \quad H^{15}$
und 12 Aeq. Wasser	=	$H^{12} O^{12}$
dann bleibt		$C^{40} H^{4}$,

also noch 4 Aeq. Wasserstoff, deren Ursprung man von zersetztem Wasser herleiten muss. Nun wird freilich auch eine gewisse Menge Stickstoff von den Pflanzen ausgeathmet, und man könnte also jene 4 Aeq. Wasserstoff von zersetztem Ammoniak herleiten, dessen Stickstoff für die Pflanze verloren gegangen wäre. Allein wenn auch möglicher Weise die ausgeschiedene Stickstoffmenge hinreicht, um diesen Wasserstoff aus der Zersetzung des aufgenommenen Ammoniaks zu erklären, so bleibt noch der Wasserstoff unerklärt, der sich in der Gruppe der aetherischen und fetten Oele so wie der Harze vorfindet, die entweder ausserordentlich viel weniger Sauerstoff, als nöthig wäre, um Wasser zu bilden, enthalten, oder gar keinen, wie dies bei der grossen Menge von aetherischen Oelen, denen die Formel $C^{10} H^{8}$ zum Grunde liegt, der Fall ist. Ich glaube also zwischen der LIEBIG'SCHEN und MULDER'SCHEN Ansicht die Mitte halten zu müssen, und schreibe sowohl dem zersetzten Wasser als den Humussubstanzen und dem Ammoniak einen wichtigen Antheil an dem zur Constitution der Pflanzen wesentlichen Wasserstoff zu.

Wir haben jetzt noch ein Paar Worte zu bemerken über die Formeln, welche LIEBIG in seiner Agriculturchemie S. 62 aus dem Zusammentreten von

Wasser und Kohlensäure unter Ausscheidung von Sauerstoff erklärt. In seinen Annalen Bd. XXXXVI. S. 64 ist LIEBIG in dieser Beziehung noch specieller verfahren, indem er dort die Kohlensäure durch Aufnahme von Wasser und Ausscheidung von Sauerstoff allmälig organisirt werden lässt.

Von 12 Aeq. Kohlensäure $= C^{12} O^{24}$
werden 6 Aeq. Sauerstoff $= O^{6}$

subtrahirt, und da bleibt $C^{12} O^{18}$

$= 6$ Aeq. wasserfreier Kleesäure $= 6\, C^{2} O^{3}$.

Wenn diese 6 Aeq, Wasser aufnehmen erhält man

6 Aeq. Kleesäurehydrat $= C^{12} H^{6} O^{24}$,
hiervon subtrahirt man 9 Aeq. Sauerstoff $= O^{9}$

dann bleibt $C^{12} H^{6} O^{15}$

$=$ 3 Aeq. Weinsäure $= 3\, C^{4} H^{2} O^{5}$.

Subtrahirt man aber von jenem Kleesäurehydrat $= C^{12} H^{6} O^{24}$
12 Aeq. Sauerstoff $= O^{12}$

so erhält man $C^{12} H^{6} O^{12} =$

$=$ 3 Aeq. Aepfelsäure $= 3\, C^{4} H^{2} O^{4}$,

Nach BERZELIUS nun ist die Citronensäure mit der Aepfelsäure identisch, nach LIEBIG aber entsteht sie aus dieser durch Ausscheidung von einem Aequivalent Wasser $C^{12} H^{6} O^{12} - HO = C^{12} H^{5} O^{11} =$
3 Aeq. Citronensäure. Durch Austreten von 3 Aeq.

Wasser aus der Aepfelsäure $= C^{12} H^{6} O^{12}$
subtrahirt $H^{3} O^{3}$

entsteht $C^{12} H^{3} O^{9} =$

$=$ 3 Aeq. Flechtensäure $= 3\, C^{4} HO^{3}$.

Diese Säuren betrachtet LIEBIG nun weiter als Verbindungen von Kleesäure mit Zucker:

6 Aeq. Kleesäure + trockener Traubenzucker $=$ 6 Aeq. Weinsäure $=$
$= C^{12} O^{18} + C^{12} H^{12} O^{12} = C^{24} H^{12} O^{30}$.

Durch weitere Aufnahme von Wasserstoff können also diese Säuren in Zucker, Stärke und Gummi übergehen, wobei die Alkalien, an welche dieselben vorher gebunden waren, frei, und zur Aufnahme neuer Säuren disponibel werden.

Ich habe hier nur die Bemerkung von POGGENDORF (Annalen Bd. XXXI. S. 212.) zu wiederholen, in welcher dieser darauf aufmerksam macht, wie leicht man auf diese Weise mit dem Behandeln der Formeln zu weit gehen kann, indem man durch solch ein willkührliches Austreten oder Aufnehmen von Sauerstoff, Kohlensäure, Wasser, ganz nach Willkühr Alles und Jedes kann entstehen lassen. Ich weiss hier nichts besseres zu thun, als wörtlich eine Stelle folgen zu lassen, welche sich a. a. O. S. 213 findet: es heisst daselbst: «immer lässt sich der Unterschied in der Zusammensetzung zweier ternairen «Verbindungen durch eine gewisse Anzahl Atome von Wasser und Kohlen«säure ausdrücken, und nicht bloss von Wasser und Kohlensäure, sondern «auch von Wasser und Kohlenwasserstoff, von Kohlenwasserstoff und Koh«lensäure, kurz von irgend einem anderen Paare binairer Verbindungen der «genannten Elemente, sobald diese Verbindungen nur nicht beide dieselben «Elemente einschliessen."

Beim Reifen der Früchte scheint weniger Wasser zersetzt zu werden. LIEBIG erklärt zwar die Abnahme des wasserstoffreichen Blattgrüns durch eine alleinige Sauerstoffabsorbtion. Nun wird aber nach einer Beobachtung von SENNEBIER grade in den spätesten Entwicklungstadien von den Pflanzen am meisten Wasser aufgenommen, es scheint also nicht bloss Sauerstoff absorbirt sondern auch weniger Wasser zersetzt zu werden, welches dann bloss als Vehikel für andere Stoffe dient. Da wo die Früchte reich an Stickstoff (Protein) sind, könnte vielleicht diese grössere Wassermenge speciell die Bestimmung haben, das ausserhalb des Organismus unlösliche und also im Organismus wohl schwer lösliche Protein mit sich fortzuführen.

Sehr auffallend ist nun die Beobachtung, welche VON HUMBOLDT an zwei Pilzen, nämlich an Agaricus campestris und an Agaricus androsaceus (1) ge-

(1) Siehe HUMBOLDT's, florae Fribergensis specimen S. 180.

macht hat, dass sie anstatt Sauerstoff Wasserstoff ausathmen. Als normale Erscheinung für das ganze Leben der Pflanzen steht dieser Fall ganz vereinzelt da, und man weiss vor der Hand nicht, was man damit anzufangen hat. SENNEBIER und HUBER wollen zwar bei keimenden Pflanzen (1) ein Ausathmen von Wasserstoff und Kohlensäure wahrgenommen haben, und sie erklären dies so, dass der Kohlenstoff des Samens sich mit dem Sauerstoff des Wassers verbinde, wodurch der Wasserstoff frei wird. Allein diese Beobachtung erweckt ein billiges Misstrauen, nachdem uns die neueren Untersuchungen gelehrt haben, dass vielmehr sowohl der Wasserstoff als der Kohlenstoff des Samens oxydirt werden und auf diese Weise die zum Keimen nöthige Wärmeentwickelung erzeugen (2). Kurz die Beobachtung der Wasserstoffausscheidung steht eben so vereinzelt da, wie das angebliche Sauerstoffausathmen der Thierchen in PRIESTLEY's grüner Materie, und wenn nicht HUMBOLDT's Name fast die Unfehlbarkeit in naturwissenschaftlichen Untersuchungen verbürgte, so würde ich geneigt sein gegen die Beobachtung an den Pilzen einen leisen Zweifel zu hegen: so aber kann man für jetzt dieselbe nur als eine von den Curiositäten betrachten, die dem nach allgemeinen Gesetzen suchenden Naturforscher so oft störend in den Weg treten.

Als allgemeine und ausgemachte Resultate können wir in diesem Kapitel nur Folgendes herausstellen. Der Wasserstoff, welcher in den Pflanzen als integrirender Bestandtheil der eigentlich vegetabilischen Stoffe enthalten ist, rührt theils von zersetztem Wasser, theils aber auch vielleicht von unzersetztem, theils von dem Ammoniak und von den Humussäuren her, welche von den Pflanzen aufgenommen werden. Das Wasser aber, welches als solches, als Vekikel für andere Stoffe in der Pflanze enthalten ist, — und dessen Menge beträgt nach SENNEBIER $^3/_5$ ja oft $^3/_4$ des Gewichts der ganzen

(1) Vgl. SENNEBIER: physiologie végétale, T. III. p. 390 u. 392.

(2) Siehe DUMAS Versuch einer chemischen Statik der organischen Wesen S. 44, wo dieser den wasserstoffreichen Substanzen noch die Erzielung vieler anderer Nebenzwecke zuschreibt. So sollen die flüchtigen Oele die Pflanzen vor der Verwüstung von Insekten schützen; die verschiedenen Arten von Pflanzenwachs sollen durch ihren Ueberzug — «so zu sagen durch ihre «Lackirung" — das Eindringen des Wassers verhüten.

Pflanze, — wird als solches aufgenommen. Die Hauptschwierigkeit bleibt hier genau zu ermitteln, wie viel Wasserstoff die Pflanze grade jener einzelnen der drei genannten Quellen verdankt: nur ist keine zu entbehren (1).

---

(1) N. Ein eigentlicher Nachtrag ist zu diesem Kapitel nicht zu machen, denn es ist in der neuen Ausgabe nichts Wesentliches hinzugekommen. Nur hat LIEBIG den scheinbaren Widerspruch, der sich in den früheren Ausgaben fand, als wenn er das eine Mal meinte der ausgeschiedene Sauerstoff rühre nur von zersetzter Kohlensäure, das andere Mal er rühre nur von zersetztem Wasser her, durch eine Note gelöst, in welcher er ausdrücklich erklärt, dass es für das Endresultat ganz gleichgültig ist ob man die Wasser- oder die Kohlensäure-Zersetzung annimmt, so dass die beiden Ansichten von ihm ohne Unterschied gebraucht werden. Ich glaube in dem obenstehenden Kapitel erwiesen zu haben, dass sowohl die eine wie die andere nothwendig angenommen werden muss. In derselben Note (5te Ausgabe S. 45) heisst es wohl durch einen Druckfehler, dass man «bei der Bildung von Verbindungen, welche mehr Wasser-«stoff (?) neben Sauerstoff enthalten, als dem Mischungsverhältnisse im Wasser entspricht (?), «eine Zersetzung der Kohlensäure annehmen muss.» Jenes Plus an Wasserstoff kann doch wohl von zersetztem Wasser herrühren ohne dass grade eine Kohlensäurezersetzung nothwendig ist. Es müsste also wenigstens heissen: «lässt sich eine Zersetzung von Kohlensäure neben einer «Wasserzersetzung annehmen.»

KAPITEL III.

VOM STICKSTOFF.

A. LIEBIG's *Lehre von der Assimilation des Stickstoffs.*

Da es feststeht, dass die Pflanzen ausser Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch noch Stickstoff brauchen, und Pflanzen in Kohlenpulver mit Regenwasser begossen wachsen können, so ist es klar, dass das Regenwasser jene Bedingung des Stickstoffs erfüllen muss. Dass der Stickstoff wenigstens zum Theil aus der Atmosphäre stammen muss, geht nach LIEBIG daraus hervor, dass sich, wie BOUSSINGAULT dargethan hat, der Stickstoff auf einem Gute, das sich selbst erhält (1), dem also von aussen kein neuer Stickstoff zugeführt wird, vermehrt. Dafür nun, dass dieser Stickstoff in der Form von Ammoniak aus der Atmosphäre kommt, sprechen nach LIEBIG folgende Gründe:

1) Dass der Stickstoff in der atmosphärischen Luft nur durch die gewaltsamsten chemischen Prozesse befähigt werden kann, mit irgend einem anderen Elemente als dem Sauerstoff sich zu verbinden, so dass durchaus kein Grund dafür spricht, dass der Stickstoff als Gemengtheil der atmosphärischen Luft an dem Assimilationsprozesse Theil nehme. Im Gegentheil hauchen viele Pflanzen Stickstoff aus, den die Wurzeln in der Form von Luft aufgenommen hatten.

2) Dass der Stickstoff-Ertrag der Cerealien von der Menge des Ammoniaks abhängt, die ihnen im Dünger zugeführt wird.

---

(1) Vgl. hierüber die Note auf S. 105 der 4ten Ausgabe, welche ich den Leser für dieses ganze Kapitel zu berücksichtigen bitte.

3) Dass das Ammoniak seine Natur als Alkali gänzlich aufgeben kann und auf die leichteste Weise, wenn es mit anderen Körpern zusammenkommt, in die verschiedenartigsten Verbindungen übergeht.

4) Dass man den Ammoniakgehalt im Regen- so wie im Schneewasser nachgewiesen hat, und aus der Berechnung hervorgeht, dass die bekannte Regenmasse den Pflanzen eine gehörige Menge Stickstoff zuführen kann. Das Regenwasser unter Zusatz von Salzsäure verdampft, giebt ein Netz von Salmiakkristallen.

5) Dass nach HÜNEFELD alle Brunnen in Greifswalde, Wiek, Eldena, Kostenhagen, so wie auch viele Mineralquellen, z. B. Kissingen Ammoniaksalze enthalten.

6) Dass viele Pflanzensäfte z. B. Ahornsaft, Birkensaft, das Thränenwasser der Weinrebe, Runkelrübensaft, der Saft von frischen Tabacksblättern, unter Zusatz von Kalk Ammoniak entwickeln.

7) Dass das Kohlenpulver das Ammoniak in seinen Poren verdichtet und zwar in dem Grade, dass 1 Vol. Kohlenpulver 90 Volumina Ammoniak enthalten kann. Ebenso wirken aber das verwesende Holz und der Humus, so dass diese also nicht nur als eine Quelle von Kohlensäure, sondern auch von Ammoniak (Stickstoff) zu betrachten sind.

Dass unter den Tropen vorzugsweise Salpetersäure auftritt, begründet deshalb nach LIEBIG keinen Einwurf, weil die Salpetersäure durch Verwesung aus Ammoniak, dem letzten Produkte der Fäulniss animalischer Körper, entstanden sein soll.

Eine andere Quelle des Ammoniaks ist der animalische Dünger, von dessen Menge der Glutenertrag der Cerealien abhängt. Der Dünger wirkt nach LIEBIG nur durch Ammoniakbildung. Wie dies geschieht ist leicht an einzelnen Metamorphosen, die an den Formeln selbst deutlich werden, nachzuweisen. Der Harnstoff z. B. verwandelt sich in kohlensaures Ammoniak; im Harn der grasfressenden Thiere ist Hippursäure, die sich durch Fäulniss in Ammoniak und Benzoësäure zersetzt. Wir finden das Ammoniak als Kleber und die Benzoësäure als solche in Anthoxanthum odoratum wieder.

Die flüssigen thierischen Excremente nützen besonders dadurch, dass sie

den grössten Theil des Ammoniaks in der Form von flüssigen Stoffen enthalten, also in einer Form in welcher es ganz assimilirt werden kann. Von dem kohlensauren Ammoniak aber, welches theils in diesen flüssigen Excrementen, theils durch das Regenwasser zugeführt wird, verdunstet ein Theil wieder durch das Wasser: es würde also nur das Ammoniak gewonnen werden, das die Blätter in der Form von kohlensaurem Ammoniak im Thau unmittelbar einsaugen, oder das, welches in eine grössere Tiefe gedrungen wäre, wenn man nicht im Gyps ein Mittel hätte, das Ammoniak zu fixiren. Indem sich nämlich das kohlensaure Ammoniak mit dem schwefelsauren Kalk zu kohlensaurem Kalk und schwefelsaurem Ammoniak umsetzt, welches letztere nicht so leicht löslich ist, wie das kohlensaure Ammoniak, kann das Ammoniak nicht so leicht verdunsten. Da der Gyps nur allmälig zersetzt wird, so ist seine Wirkung sehr nachhaltig. Dass er wie ein Gewürz wirken sollte, verwirft LIEBIG ganz, weil es in der Pflanze keine Nerven giebt, die gereizt werden sollten. Wie der Gyps wirkt nach ihm Chlorcalcium; dann auch Thon und Eisenoxyd, deren Wirkung man fälschlich dem Anziehen von Wasser zugeschrieben habe, da gewöhnliche trockene Ackererde das Wasser eben so stark anziehe. Sie verbänden sich vielmehr mit Ammoniak, das sie aus der Luft anziehen, zu wahren Salzen, in welchen das Ammoniak die Rolle einer Basis spiele. Nach den Entdeckungen von VAUQUELIN, CHEVALLIER und BOUIS enthalten alle Thon- und Eisenhaltigen Mineralien Ammoniak.

Dieses Kapitel ist von besonderem Einflusse auf die Feldwirthschaft, deren Hauptaufgabe Stickstofferzeugung ist, während in der Forstwirthschaft alles auf eine reichliche Kohlenstoffproduktion ankommt.

B. *Beurtheilung von LIEBIG's Lehre über die Assimilation des Stickstoffs.*

Aus der Beobachtung, dass Pflanzen in Kohlenpulver mit Regenwasser begossen wachsen können, schliesst LIEBIG, dass im Regenwasser, eine Stickstoffverbindung enthalten sein müsse, welche der Pflanze den Stickstoffge-

halt, ohne welchen sie nicht existiren kann, verschaffen soll. Es ist jedoch diese Schlussfolgerung nicht nothwendig, weil wir durch DE SAUSSURE (1) gelernt haben, dass die pulverisirte Kohle nicht nur eine organische Substanz, welche ja möglicherweise stickstoffhaltig sein kann, sondern auch Ammoniak in ihren Poren eingeschlossen enthält, ein Umstand, den ja LIEBIG selbst in dem unter N° 7 angeführten Grunde urgirt hat. Jedenfalls können wir also den Stickstoff eben so gut von dem Ammoniak der Kohle als von einer Stickstoffverbindung des Regenwassers ableiten, was freilich der Hauptidée LIEBIG's, dass nämlich die Pflanzen den Theil des Stickstoffs, den sie der Atmosphäre verdanken sollen, nur in der Form von Ammoniak bekommen, nicht im Wege stände. Wir wollen diese Ansicht sogleich einer genaueren Prüfung unterwerfen. Es entsteht nur hier zuerst die Frage, ob es wirklich feststeht, dass die Pflanzen einen Theil ihres Stickstoffs von der Atmosphäre entlehnen. Wenn es nun wirklich wahr ist, dass sich nach BOUSSINGAULT der Stickstoffertrag eines Guts, das von Aussenher keinen Dünger bekommt, das also sich selbst erhält, nicht nur sich gleich bleibt, sondern auch noch sich absolut vermehrt, dann müssen wir diese Frage unbedingt bejahen (2), ja es wäre sogar schon dann der Fall, wenn der Stickstoffgehalt

---

(1) Vgl. LIEBIG's Annalen, Bd. XXXXII. S. 288.

(2) Ich bin sehr geneigt zu glauben, dass dies Factum richtig ist, obgleich LIEBIG nicht sagt, wo BOUSSINGAULT es angegeben hat. In seinen Aufsätzen über die Assimilation des Stickstoffs in den Annales de chimie et de physique sagt dieser nur, dass mehr Stickstoff von den Pflanzen erzeugt wird, als denselben im Dünger zugeführt wird: vgl. besonders den ersten Band der 3me Série, S. 240. Dieser Stickstoff könnte allerdings allein vom Ammoniak der Athmosphäre herrühren. Allein LIEBIG giebt ausserdem ausdrücklich an, dass sich die Summe des Stickstoffs absolut vermehrt, auf einem Gute, dem von Aussen kein Stickstoff zugeführt, sondern im Gegentheile noch genommen wird. LIEBIG denkt sich nämlich allen Stickstoff, der auf einem Gute in der Form von Menschen, Thieren, Getreide, Früchten, Menschen- und Thier-Excrementen vorhanden ist, in ein Inventarium zusammengebracht, S. 66. S. 67 heisst es weiter: «Mit «dem Getreide, mit dem Vieh führen wir aber ein bestimmtes Quantum Stickstoff aus, und «die Ausfuhr erneuert sich jedes Jahr ohne den geringsten Ersatz; in einer gewissen Anzahl «von Jahren nimmt das Inventarium an Stickstoff noch überdiess zu. Wo kommt, kann man «fragen, der jährlich ausgeführte Stickstoff her? (BOUSSINGAULT)" Auf diese Angabe stützt sich meine Deduction über die Form, in welcher die Pflanzen aus der Atmosphäre den Stickstoff erhalten.

sich nur gleich bliebe, indem der Dünger nicht alles Ammoniak enthält, das früher schon da war. Wir haben also jetzt nur zu untersuchen, in welcher Form dieser Stickstoff der Atmosphäre entlehnt wird, und LIEBIG's Gründe zu prüfen, der die Form des Ammoniaks als die alleinige angiebt. Der erste Grund, der hierfür angeführt wird, ist, dass der Stickstoff der Atmosphäre sich vermöge seiner indifferenten Natur so ausserordentlich schwer von dem Sauerstoff, mit welchem er dort gemengt ist, trennen lässt, dass er als solcher nicht von den Pflanzen aufgenommen werden kann, ja im Gegentheil soll sogar der Stickstoff, den die Pflanzen mit der atmosphärischen Luft durch die Wurzeln aufnehmen, nach LIEBIG wieder ausgehaucht werden. Allein dass dieser ausgehauchte Stickstoff wirklich der in der Form der atmosphärischen Luft aufgenommene ist, ist wohl schwerlich erwiesen. Dann aber steht es nach BOUSSINGAULT's bekannten Versuchen keineswegs fest, dass kein Stickstoff aus der Atmosphäre als solcher in die Pflanzen übergeht. Erbsen, welche BOUSSINGAULT (siehe Annales de chimie et de physique Bd. LXIX. p. 365) in einem durchaus mageren Boden gepflanzt und mit reinem Wasser begossen hatte, assimilirten eine bestimmte Menge Stickstoff, der von aufgelöster Luft herzurühren schien, da die Luft an ammoniakalischen Dämpfen, wenn diese nicht in grosser Menge von atmosphärischem Wasser gelöst sind, doch wohl zu wenig Stickstoff enthält, um jenen assimilirten allein von Ammoniak herzuleiten. Dass der Hafer, den er von gedüngtem Boden auf ungedüngten überpflanzte, ein wenig Stickstoff verlor, dürfte sich vielleicht dadurch erklären lassen, dass die Pflanze aus dem gedüngten Boden schon zu viel Stickstoff aufgenommen hatte. Diese eine Beobachtung spricht also nicht gegen die vielen anderen, welche BOUSSINGAULT theils an keimenden, theils an erwachsenen Pflanzen angestellt hat, zu welchen die eben angegebene gehört. Allein abgesehen davon liegt in der Beweisführung LIEBIG's selbst, dass das Ammoniak nicht die einzige Stickstoffquelle in der Atmosphäre für die Pflanzen sein kann. LIEBIG leitet nämlich jenes atmosphärische Ammoniak, welches im Regenwasser gelöst den Pflanzen zugeführt wird S. 70, nur von faulenden Substanzen her; indem er sagt dass es mit Kalk aus dem Regen- oder Schneewasser entwickelt «von einem auffallenden Geruch nach Schweiss und

«fauligen Stoffen begleitet ist, was über seinen Ursprung keinen Zweifel las-«se.» Nun wird aber nach BOUSSINGAULT, auf den sich ja LIEBIG hier hauptsächlich beruft, die Menge des Stickstoffs auf einem Gute, das sich selbst erhält, in einigen Jahren absolut vermehrt, obgleich jährlich eine bestimmte Menge Stickstoff von demselben in der Form von Vieh uud Getreide ausgeführt wird. Da nun das Ammoniak, welches von jenen faulenden Stoffen in die Atmosphäre entweicht, jenem Gute selbst vorher schon angehörte, so kann durch dieses Ammoniak wenigstens das Plus an Stickstoffertrag nicht erklärt werden. Im Gegentheil ist es klar, dass wenn dieses Ammoniak wirklich das einzige ist, welches in die Atmosphäre übergeht, nach und nach wegen des jährlich in der Form von Thieren und Getreide ausgeführten Stickstoffs der Gehalt an diesem Elemente auf dem Gute abnehmen muss. Es fragt sich folglich jetzt vor allen Dingen: giebt es keine andere Quelle des Ammoniaks in der Atmosphäre als die in Fäulniss übergehenden organischen Substanzen? Es dürfte allerdings schwer sein eine solche aufzufinden, wenn man nicht annehmen will, dass der normale Stickstoff der Luft unter Umständen eine solche Verbindung eingehen könne, was wohl nicht ganz unmöglich ist, da es ja Fälle giebt, in welchen sich der Stickstoff mit Wasserstoff in statu nascendi verbindet, z. B. wenn man feuchte Eisenfeile (erwärmt?) mit Stickstoff in Berührung bringt (1). Diese Fälle dürften indess doch wohl selten sein, und ich halte es im Ganzen für wahrscheinlicher, dass der Stickstoff der Atmosphäre als solcher von den Pflanzen aufgenommen und assimilirt wird. Unter der Erde soll nach MULDER wie wir bereits bei der Lehre von der Assimilation des Wasserstoffs gesehen haben, eine nicht unbedeutende Menge Ammoniak aus der Verbindung des Stickstoffs der atmosphärischen Luft, deren Sauerstoff vorher schon den freien Kohlenstoff und Wasserstoff oxydirt hat, und des freien Wasserstoffs, welcher bei dem Faulen von Cellulose und anderen Substanzen entwickelt wird, oder vielmehr nach der Entwickelung von Kohlensäure, Ulminsäure, Quellsäure, Quellsatz-

(1) Vgl. LEOPOLD GMELIN's Handbuch der theoretischen Chemie, Bd. I. S. 446 der dritten Ausgabe.

säure und Wasser übrig bleibt, gebildet werden (1). Die Feuchtigkeit der Erde mag hier praedisponirend einwirken, allein eine solche Ammoniakbildung wäre doch immer etwas auffallend. MULDER geht sogar so weit, dass er den Ammoniakgehalt des Regenwassers für viel zu gering hält, um demselben irgend einen bedeutenden Einfluss auf die Pflanzenernährung zuzuschreiben, und die oben angegebene Quelle hält er für bedeutend wichtiger. Ich glaube dass MULDER (2) nur deshalb den Gehalt an Ammoniak im Regenwasser so gering anschlägt, weil LIEBIG nur von Regenwasser und nicht vom atmosphärischen Wasser überhaupt (Thau, Schnee, Hagel) spricht. Denn dass letzteres keine unbedeutende Menge von Ammoniak enthalten kann, ist schon a priori daraus zu entnehmen, dass das sich so reichlich aus den faulenden vegetabilischen und animalischen Substanzen entwickelnde Ammoniak gasförmig entweicht, und also von der atmosphärischen Feuchtigkeit aufgenommen oder vielmehr verschlungen werden muss, da bekanntlich ein Volumen Wasser fast das 700 — fache Volumen Ammoniak absorbirt. Dazu kommt aber noch, dass LIEBIG durch das Experiment das Ammoniak im Regenwasser (Thau) nachgewiesen hat. Dass es nur in Spuren vorkommt spricht noch nicht gegen dessen Bedeutung, da die grossen Mengen des atmosphärischen Wassers jene Spuren doch zu einer beträchtlichen Menge steigern, grade so wie die $^{5}/_{10000}$ procent Kohlensäure in der Luft, wenn man an das ungeheure Volumen der letzteren denkt, zu einem bedeutenden Quantum anwachsen. Kurz es ist gewiss eine wichtige Bereicherung der Wissenschaft, dass LIEBIG durch das Experiment jene Behauptung von THÉOD. DE SAUSSURE bestätigt hat, welche sich in seinen récherches chimiques sur la végétation findet, von denen in GEHLEN's neuem Journal der Chemie (Bd. IV. S. 691, 1805) ein Auszug mitgetheilt ist. Jene für die damalige Zeit gewiss doppelt wichtige Stelle heisst: «Da nun Pflanzen Stickstoff enthalten, so müs-

(1) Scheikundige onderzoekingen gedaan in het laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool door G. J. MULDER, Deel II. p. 123 und folgende.

(2) Proeve eener algemeene physiologische scheikunde, S. 113. S. 116 der von mir besorgten deutschen Uebersetzung.

«sen sie denselben, wenn er ein Element ist, wenn er auch kein Bestand-«theil des Wassers ist, aus den extractiven Theilen des Bodens" — MULDER's humussauren Ammoniaksalzen! — «ammoniakalischen Dünsten der At-«mosphäre, deren Dasein sich durch die in einiger Zeit an freier Luft er-«folgende Umänderung der schwefelsauren Thonerde in Alaun zu erkennen «giebt, und ähnlichen Quellen nehmen, und die in eingeschlossenen Luft-«räumen sich entwickelnden Pflanzentheile müssen ihn auf Kosten älterer, «schon entwickelter erhalten." Es ist gewiss merkwürdig, dass schon DE SAUSSURE so weit war, und wir haben hier einen neuen Beweis dafür, wie oft eine einzelne Thatsache, ein mächtiger aber isolirter Griff eines Genies auf lange Zeit vergessen wird, bis ein anderer Geist der jenem ersteren an Grösse nicht nachsteht, den einen Gedanken mit anderen Ideen zusammenbringt und zur durchgreifenden Theorie verarbeitet. Dies ist hier LIEBIG's Verdienst, welches durch die experimentelle Bestätigung noch erhöht wird.

Wir sahen also, dass es ausser dem Ammoniak des atmosphärischen Wassers nach MULDER noch eine andere Quelle giebt, nämlich das an die Humussäure gebundene Ammoniak, welches also zum Theil direkt gebildet werden soll. Ausser diesen Quellen des Stickstoffs glaube ich aber, um das Plus im Ertrage auf einem Gute, das sich selbst erhält, zu erklären, noch eine andere Stickstoffverbindung, nämlich die Salpetersäure, zu Hülfe nehmen zu müssen. Hat doch LIEBIG selbst die Salpetersäure in Verbindung mit Ammoniak im Regenwasser nachgewiesen, und durch diese Beobachtung wird wieder ein Satz bestätigt, zu dem uns die theoretische Betrachtung schon von selbst führt. Einem jeden ist es bekannt wie nach CAVENDISH ein Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff, wenn man durch dasselbe längere Zeit hindurch einen elektrischen Funken durchschlagen lässt, allmälig in Salpetersäure verwandelt wird. Wenn wir nun bedenken, wie mächtig die elektrischen Entladungen bei den Gewittern sind, so liegt die Vermuthung ganz auf der Hand, dass bei denselben Salpetersäure gebildet wird. Die Schärfe der LIEBIG'SCHEN Analyse hat diese Vermuthung zur Evidenz gebracht. Es ist gewiss nicht unpassend hier an die schöne Bemerkung HUMBOLDT's zu erinnern, nach welcher die Zeit der Gewitterregen für jeden Ort innerhalb der Tropen dann

anfängt, wenn die Sonne für denselben ins Zenith tritt: da dies nun, wenn man es nicht zu genau nimmt, am Aequator immer der Fall ist, so erklärt sich hieraus ganz von selbst, warum grade dort die Salpetersäure und die salpetersauren Salze so häufig vorkommen. Der Stickstoff dieser Salpetersäure ist der normal in der Atmosphäre enthaltene und ist also wohl besonders geeignet, um den besprochenen Mehrertrag zu erklären. Wir kommen auf diese Salpetersäure weiter unten zurück, wollen aber jetzt erst untersuchen, was für eine Bedeutung die übrigen Gründe LIEBIG's haben, um zu erweisen, dass das Ammoniak die einzige Form sei, in welcher die Atmosphäre den Pflanzen ihren Stickstoff liefert.

Die Gründe welche ich unter 2° und 3° angegeben habe, sprechen insofern für die ammoniakalische Form, als sie zeigen, wie günstig diese auf der einen Seite im Dünger auf die Cerealien wirkt, während das Ammoniak auf der anderen Seite durch Verbindungen, welche es mit anderen Körpern eingeht, so ausserordentlich leicht metamorphosirt wird. Es leuchtet von selbst ein, dass diese beiden Gründe für die Leichtigkeit der Assimilation des Ammoniaks, als der geeignetesten Form sprechen, keinesweges aber für die ausschliessliche Nothwendigkeit dieser Form.

Der vierte Grund ist der wichtigste. LIEBIG hat im Regenwasser das Ammoniak nachgewiesen: unter Zusatz von Chlorwasserstoffsäure verdampft, liefert es ein förmliches Netz von Kristallen, welche aus Salmiak (Chlorammonium) bestehen.

Der Gehalt an Ammoniak sowie an Ammoniaksalzen der Brunnen und vieler Mineralquellen, der im fünften Grunde erwähnt ist, giebt uns einen neuen Beleg für die kräftige Absorbtionsfähigkeit, welche Wasser gegen Ammoniak besitzt. Nach dem vierten Grunde bekommen wir darin keinen neuen Gedanken, aber immer keine unwichtige Unterstützung für jenen, obgleich beide Gründe wiederum nur das darthun, dass die Pflanzen wirklich eine bedeutende Menge Stickstoff in der Form von Ammoniak aus der Atmosphäre schöpfen, keinesweges aber, dass das Ammoniak wirklich die einzige Form für die Assimilation des atmosphärischen Stickstoffs ist.

Der Ammoniakgehalt in Pflanzensäften, der als sechster Grund für die

Assimilation von Ammoniak im Regenwasser oder vielmehr im atmosphärischen Wasser angegeben wird, scheint mir weder für noch gegen LIEBIG's Satz zu sprechen, da dieses Ammoniak ja bloss vom animalischen Dünger entlehnt sein könnte: es wird wenigstens nicht angegeben, dass sich dies Ammoniak auch dann in den Säften gefunden habe, wenn die Pflanzen in ganz magerem Boden gezogen waren, wo es sich freilich auch erst in den Pflanzen gebildet haben könnte, wenn die Beobachtung von BOUSSINGAULT, dass sich der Stickstoff in Erbsen, die in ganz düngerfreiem Boden mit destillirtem Wasser begossen wurden vermehrte, richtig gedeutet wurde; denn wie ich schon oben bemerkte kommt es mir nicht wahrscheinlich vor, dass diese in den Wasserdünsten, welche stets in der Atmosphäre sich vorfinden, allein so viel Ammoniak vorgefunden und absorbirt hätten, dass sie durch dieses ihren Stickstoffgehalt vermehren konnten. So wie aber im Allgemeinen die unmittelbare Aufnahme von Stickstoff als solchem aus der Atmosphäre selten ist, so mag auch die Ammoniakbildung in den Pflanzen selten sein, und wenn man in den Säften von solchen Pflanzen, die auf ganz sterilem (1) Boden gezogen waren, aber doch wie das im BOUSSINGAULT'SCHEN Versuch nicht der Fall war im Freien standen, Ammoniak nachweisen kann, so stammt dies allerdings höchst wahrscheinlich aus dem atmosphärischen Wasser.

SPRENGEL hat darauf aufmerksam gemacht, dass der Nutzen des Regenwassers nicht bloss dem Ammoniak zuzuschreiben sei, indem es auch noch Gyps, Kochsalz, Talkerde, u. s. w. enthalte (2). Es mögen diese Bestandtheile auch etwas zur Förderung der Vegetation beitragen, ihre Menge ist nur verhältnissmässig klein: nach BRANDES fallen jährlich auf das Joch = 8870400 ℔ Regenwasser und mit diesen 22,1 ℔ anorganischer Bestandtheile. Nach BERTLES fielen auf 1 Joch 360 ℔ anorganischer Bestandtheile: nun beträgt aber die Asche, welche man von den auf einem Joche erzielten Cerealien erhält,

---

(1) *Steril* in der BOUSSINGAULT'SCHEN Bedeutung; er versteht darunter in seiner Arbeit über den Stickstoff der Pflanzen: *frei von organischer Substanz.*

(2) Siehe die Analyse des Regenwassers in SPRENGEL's allgemeiner landwirthschaftlicher Monatsschrift, Bd. I. Heft. 1. S. 140, und Heft. 3 S. 398.

nur 150 ℔, und es fielen also auf das Joch mit dem Regen 210 ℔ anorganischer Bestandtheile mehr als ein Gewächs von Cerealien assimiliren kann: man merkt aber davon am Boden nichts, während dieser doch bedeutend an Umfang zunehmen müsste. Es ist also offenbar die Angabe von BERTLES viel zu gross.

Was nun endlich den 7ten Grund LIEBIG's für die alleinige Form des Ammoniaks betrifft, dass nämlich das Kohlenpulver ausserordentlich viel (90 Volumina) Ammoniak in seinen Poren verdichte, so zeigt dies nur, dass es in gewissen Verhältnissen den Pflanzen bedeutend erleichtert wird, das Ammoniak der Atmosphäre aufzunehmen. Dass aber die Wirkung des Humus dieselbe sei, dagegen lässt sich nach den MULDER'SCHEN Beobachtungen einiger Zweifel erheben, insofern die Humussäuren nicht bloss atmosphärisches Ammoniak sondern auch dasjenige anziehen, welches sich nach MULDER auf die oben erwähnte Weise unmittelbar aus dem von Sauerstoff befreiten Stickstoff der Luft und dem überschüssigen Wasserstoff der faulenden Cellulose bilden soll, besonders aber deshalb, weil jene Ammoniakverdichtung im Kohlenpulver eigentlich eine Capillaritätswirkung ist, während die Humussäuren mit dem Ammoniak sich chemisch zu Salzen verbinden.

Zuletzt wahrt sich LIEBIG gegen den Einwand, dass unter den Tropen die Salpetersäure so häufig vorkommt, indem er behauptet im zweiten Theile seines Werks nachgewiesen zu haben, dass die Bildung dieser Salpetersäure immer durch Verwesung von Ammoniak vor sich gegangen ist. Allein es ist dort nur gezeigt, wie leicht durch Oxydation von Ammoniak Salpetersäure entsteht, und wie schwer Stickstoff und Sauerstoff als Elemente mit einander verbunden werden. Indessen wird doch in seltenen Fällen, wenn man Cyangas über glühende Metalloxyde leitet, ein Oxyd des Stickstoffs gebildet, und wie durch die Electricität aus Stickstoff und Sauerstoff selbst im Kleinen Salpetersäure entsteht, habe ich schon oben besprochen: wie viel leichter kann dies bei den mächtigen Prozessen in der Natur im Grossen der Fall sein! Ich brauche gewiss keine analoge Beispiele anzuführen, um diese Behauptung zu unterstützen, zumal da sie mehr als Hypothese ist, wenn man sich daran erinnert, dass wie erwähnt die Salpetersäure grade dort am reichlichsten vor-

kommt, wo die Gewitter am häufigsten sind. Ich will hier zum Schluss dieser Betrachtung nur noch darauf aufmerksam machen, dass schon MARGRAF salpetersaures Kali im Regenwasser gefunden haben wollte (siehe SENNEBIER physiologie végétale T. III. p. 87 u. 88). Auch DUMAS hebt in seinem Versuch einer chemischen Statik der organischen Wesen S. 46. besonders den Einfluss der Salpetersäure hervor.

Es bleibt indessen nach allem diesem als eine höchst wichtige Thatsache stehen, dass die Pflanzen eine Hauptquelle für das Ammoniak in der Atmosphäre, d. h. im atmosphärischen Wasser haben.

Wir haben jetzt LIEBIG in der Betrachtung der anderen Quelle für das Ammoniak, des animalischen Düngers, zu folgen. Er ist hier gleich zu vertheidigen gegen den Angriff, den seine Worte, dass der Dünger nur durch Ammoniakbildung wirke, erfahren haben. Da LIEBIG hier nur von der Assimilation des Stickstoffs redet, so widerspricht er sich gar nicht, wenn er später ganz mit Recht den anorganischen Bestandtheilen des Düngers einen so wichtigen Einfluss zuschreibt. Man hat vielfach weit mehr als billig ist gegen seine Wörter als gegen seine Worte gekämpft, und den Zusammenhang aus den Augen verloren. — Wir kommen hier wieder an das Kapitel der Metamorphosen, in welchem LIEBIG hier, wo alle Verhältnisse so einfach sind, mit Recht eine so grosse Stärke entwickelt hat. Wenn man die Formeln betrachtet, kann man sich ausserordentlich leicht (ich möchte sagen handgreiflich) erklären, wie der Dünger durch Ammoniakbildung wirkt. So entsteht aus dem Harnstoff durch Aufnahme von Wasser kohlensaures Ammoniak:

$$N^2 C^2 H^4 O^2 = \text{Harnstoff} + 4\ HO \text{ giebt } 2\ (H^4 NO + CO^2);$$

es werden hierbei noch 4 H frei, die vielleicht auch in der von MULDER bei der Cellulose angegebenen Weise verwendet werden. Die Hippursäure, welche sich im Urin grasfressender Thiere findet, geht durch Aufnahme von 6 Aeq. Sauerstoff in Benzoësäure, Ammoniak und Kohlensäure über:

Hippursäure — Benzoësäure

$$NC^{18} H^8 O^5 + 6\ O = C^{14} H^5 O^3 + H^3 N + 4\ CO^2;$$

die Benzoësäure findet sich als solche in Anthoxantum odoratum, das Ammoniak wird als Kleber assimilirt.

Da der Harnstoff in den flüssigen thierischen Excrementen am reichlichsten vorkommt, und dieser, wie wir gesehen haben, sich in kohlensaures Ammoniak umsetzt, welches mit dem Wasser verdunstet und schon bei gewöhnlicher Temperatur verdampft, da das Regenwasser ebenfalls am reichlichsten kohlensaures Ammoniak dem Boden zuführt, so brauchen wir ein Mittel, welches das Ammoniak fixirt, ohne ihm die flüssige Form zu rauben. Die Theorie, welche LIEBIG hier über den Gyps aufstellt ist ausserordentlich wichtig. Es verdient ganz besonders den höchsten Beifall, dass LIEBIG hier gegen den Begriff des Reizes bei den Pflanzen polemisirt, da für diesen kein Organ nachgewiesen ist: mögen immerhin die Bewegungen an einem Hedysarum gyrans, an Mimosa pudica u. s. w. unerklärt bleiben, durch den vagen Begriff des Reizes wird hier eben so wenig eine Erklärung gegeben wie durch die Worte Lebenskraft, katalytische Kraft u. s. w. wenn man ihre Gesetze nicht näher erörtert, und das Substrat für die Kraft nicht genau bestimmt. Sehr schön und einfach ist dagegen die Erklärung, die LIEBIG von der Wirkung des Gypses giebt, wenn er sagt, er setze sich mit dem kohlensauren Ammoniak zu kohlensaurem Kalk und schwefelsaurem Ammoniak um, welches letztere 2—3 Theile Wasser erfordert, um gelöst zu werden: wenn man dazu nimmt, wie langsam der Gyps, der 400 bis 450 Theile Wasser zur Lösung erfordert, zersetzt wird, so sehen wir es erklärt, warum die Wirkung desselben so lange währt. Mit dieser Erklärung stimmen genau überein die günstigen Erfolge, welche SCHATTENHAM (1) erzielte, als er auf Dünger Gyps, schwefelsaures Eisenoxyd und Schwefelsäure anwandte: es wird in jedem von diesen Fällen Ammoniak fixirt. SPRENGEL und HLUBECK haben mit Unrecht gegen diese Erklärungsweise Einspruch gethan. Es scheint, dass sie sich durch andere Wirkungen, welche der Gyps hat, dazu verleiten liessen. Wenn z. B. SPRENGEL behauptet, der Gyps wirke unmittelbar, weil in Gyps-

(1) Comptes rendus, Tom. XIV p. 274.

wasser eingequellte Erbsen üppiger wachsen als die in reinem Wasser befindlichen, so schliesst er durch eine unrichtige Folgerung die Wirkung, auf welche LIEBIG am meisten Gewicht legt, aus, weil er eine andere direkte nachweist. Ebenso verhält es sich mit HLUBECK, der sonst mit Recht darauf aufmerksam macht, dass der Gyps auf die Leguminosen direkt günstig wirkt, weil er den Schwefel liefert, der zur Bildung des Legumins nöthig ist. LIEBIG's Bemerkung hiergegen (Annalen Bd. XXXXI. S. 369) aber ist sehr gut: er schreibt dem Gypse jene direkte Wirkung auch auf die Cerealien zu, indem das Pflanzenfibrin (Kleber) ebenso gut Schwefel enthalte, wie das Legumin (Pflanzencasein). Neben dieser Wirkung bleibt aber das Binden des Ammoniaks die Hauptsache. Die Wirkung des Gypses bei trockenem Wetter mag sich daraus erklären, dass er das Wasser anzieht: man weiss, dass Kellergewölbe, welche aus Gyps gebaut sind, oft so erweichen, dass sie zusammenstürzen; ebenso findet man in Thüringen öfters an alten Schlössern ganz ausgewaschene Gypssteine (1). Daher mag es kommen, dass er nach SPRENGEL bei trockenem Wetter relativ besser wirkt als bei Regenwetter: diese Wirkung steht mit der Bindung des Ammoniaks gar nicht in Widerspruch. Ebenso verhält es sich, wie ich glaube damit, dass der gebrannte Gyps den Ertrag um 15—20 % mehr vergrössert, als ungebrannter: der nicht zu stark gebrannte Gyps zieht nämlich das Wasser heftiger an. Wie er auf die Blätter gestreut wirkt, hat SPRENGEL selbst schon richtig erklärt: er bekommt da einmal im Thauwasser kohlensaures Ammoniak, und dann zieht er wohl überhaupt die Ammoniakdünste aus der Atmosphäre an. Wenn HLUBECK sagt, dass auch die Schwefelsäure allein günstig auf die Leguminosen wirkt, so zerfällt dieser Einwurf in sich selbst, denn nur die Schwefelsäure ist nöthig, um das Ammoniak zu binden, und der Schwefel hilft hier ausserdem wieder das Legumin bilden. Auch jene Beobachtung, dass der Gyps in kleinen Quantitäten nur den Leguminosen nützlich ist, die nur eine sehr geringe Menge Schwefel zur Bildung von Legumin brauchen, während die Cerealien,

---

(1) Vgl: LEONHARD's Geologie in der 2ten Auflage S. 88.

die des Schwefels selbst nicht allein, sondern vorzugsweise einer grossen Stickstoffmenge bedürfen, grosse Mengen Gyps erfordern, lässt sich sehr gut mit LIEBIG's Idee über die Fixirug des Ammoniaks vereinigen. Durchaus unterstützt wird seine Meinung aber durch eine andere Angabe HLUBECK's (1), dass nämlich die Wirksamkeit des Gypses um so grösser ist, je reichlicher die Grundstücke mit Stallmist gedüngt sind: denn da ist natürlich um so mehr Ammoniak zu binden. Was nun endlich den Einwurf von HLUBECK betrifft, dass der Gyps in kaltem und nassem Boden wirkungslos bleibt, so kann ich darauf nur mit der Frage antworten, ob nicht der Boden, auf dem dies beobachtet wurde, so kalt und nass war, dass die Vegetation überhaupt gestört wurde? — Auch KOHL hat in dieser Sache nicht das Richtige getroffen, indem er LIEBIG's Lehre zwar für chemisch, nicht aber für physiologisch richtig erklärt; er behauptet, dass nach den Landwirthen der Gyps nur auf die Leguminosen vortheilhaft wirke. Nach HLUBECK's eigenem Zeugnisse wirkt er auch auf andere Pflanzen günstig, nur soll dazu eine grössere Quantität nöthig sein: auch SPRENGEL beschränkt die Wirkung nicht bloss auf die Hülsenfrüchte.

Zur Fixirung des Ammoniaks tragen ferner Eisenoxyd, gebrannter Thon und Chlorcalcium bei, eine Thatsache, die theils durch die Entdeckung von VAUQUELIN, CHEVALLIER und BOUIS, dass alle Thon- und Eisenhaltigen Mineralien Ammoniak enthalten, bestätigt wird, theils durch SPRENGEL's Beobachtung (2), der nur glaube ich, weniger richtig annimmt, jenes Ammoniak werde aus Wasser und Stickstoff unmittelbar durch Vermittelung des Thons gebildet. Jene Substanzen ziehen aber auch Wasser an und zwar stärker als gewöhnliche trockene Ackererde. LIEBIG läugnet dies mit unrecht, seiner Hauptlehre schadend, denn die Anziehung des Wassers muss die Bindung von Ammoniak erleichtern.

Als feststehende Thatsachen in diesem Kapitel bekommt man erstens, dass

---

(1) S. seine Beantwortung der wichtigsten Fragen des Ackerbaus S. 57.
(2) S. die Lehre vom Dünger S. 343.

das atmosphärische Wasser und der animalische Dünger durch ihren bekannten Ammoniakgehalt Hauptquellen des Stickstoffs für die Pflanzen sind. Da dies Ammoniak aber wahrscheinlich Fäulnissprozessen in schon vorhandenen Organismen seinen Ursprung verdankt, und durch dieses also der Stickstoffertrag höchstens gleich bleiben, nicht aber absolut vermehrt werden könnte, so reiht sich hieran zweitens die sehr begründete Vermuthung, dass das Plus, welches im Stickstoffertrag durch die Feldwirthschaft erzielt wird, von Salpetersäure herrührt, welche durch electrische Entladungen bei Gewittern zum Theil unmittelbar aus den Elementen gebildet werden mag.

Da die allergrösste Menge jenes Ammoniaks als kohlensaures dem Boden zugeführt wird, so würde sich ein grosser Theil desselben verflüchtigen, wenn nicht die zweite empirisch erwiesene Thatsache, welche uns LIEBIG in diesem Kapitel gelehrt hat, die wäre, dass Gyps (schwefelsaurer Kalk), Thon, Eisenoxyd das Ammoniak fixiren, worin sie durch ihre Eigenschaft das Wasser anzuziehen bedeutend unterstützt werden. Die Anwendung dieser Substanzen ist also für die Feldwirthschaft, deren Hauptaufgabe, wie wir schon im Auszuge der LIEBIG'SCHEN Lehre gesehen haben, Stickstofferzeugung ist, von der höchsten Wichtigkeit.

Nachtrag zu vorstehendem Kapitel von der Assimilation des Stickstoffs.

Es ist in dieser Materie in LIEBIG's fünfter Ausgabe einiges geändert, noch mehr aber neu hinzugekommen. In Betreff des ersten Punktes sind hier ganz bedeutende Zahlenänderungen eingetreten, über welche nichts bemerkt ist: man vergleiche die Zahlen, welche auf S. 69 der früheren Ausgabe sich finden, mit denen, welche auf S. 55 der letzten verzeichnet sind. — Ganz recht had LIEBIG daran gethan, dass er S. 69 seinen früheren Ausdruck über die Wirkung des Gypses, welche «auf weiter nichts" als auf der Fixirung des Ammoniaks beruhen sollte, dahin modificirt hat, dass der Gyps nur zum

Theil diese Wirkung hat. Im Text selbst ist der unmittelbare Einfluss des Schwefels, welcher als Schwefelsäure an Kalk gebunden den Gyps ausmacht, auf die Pflanzenernährung hinreichend hervorgehoben worden.

Auf S. 64 und folg. hat LIEBIG die Wichtigkeit der flüssigen Excremente sehr richtig weiter ausgeführt. Es ist ja ein bekanntes Factum, dass der thierische Körper nur während der Jugend oder nur während der Mästungszeit an Stickstoffgehalt zunimmt. Wenn der Körper ausgewachsen ist, bleibt der Stickstoffgehalt den einen Tag wie den anderen derselbe, so dass die Aufnahme von Speisen nicht die Zunahme sondern nur den Stoffwechsel bezwecken soll. Der aufgenommene Stickstoff geht auf die dem Physiologen bekannte Weise in das Blut über und dient so zur Erneuerung der Organe: nun nimmt aber dessenungeachtet wie gesagt der ausgewachsene Körper an Stickstoff nicht mehr zu, es folgt also nothwendig daraus, dass eine der aufgenommenen ungefähr gleiche Menge von Stickstoff durch die dazu bestimmten Secretionsorgane ausgeschieden werden muss, und dies geschieht, wie wir schon sahen, vorzugsweise durch die Nieren. Hierdurch ist es also vollständig erklärt, warum die flüssigen Excremente so reich, die festen dagegen so arm an Stickstoff sind, da ja der in den letzteren enthaltene der Hauptsache nach gewiss kein ausgeschiedener, sondern von dem Speisebrei übriggebliebener, nicht assimilirter ist.

Ausführliche Nachträge zu seiner Lehre von der Assimilation des Stickstoffs hat LIEBIG in einem besonderen Anhang gegeben, und diese zerfallen in drei Abschnitte. Im ersten handelt er von den Quellen des Ammoniaks, im zweiten wird die Frage erörtert, ob die Salpetersäure ein Nahrungsmittel für die Gewächse ist, im dritten die Frage: nimmt der Stickstoff der Luft Antheil an der Vegetation? In dem ersten Abschnitt nun ist es nachgewiesen, dass kein Fall bekannt ist, in welchem durch das direkte Zusammentreffen von Wasserstoff und Stickstoff Ammoniak gebildet würde. Die Unmöglichkeit eine solche Verbindung künstlich zu bewerkstelligen wird besonders in dem bekannten Falle der Wasserzersetzung durch Eisen ganz einfach dargethan, so dass die nach einigen Chemikern hier eintretende Ammoniakbildung mit Recht bezweifelt, um nicht zu sagen in Abrede gestellt werden kann. Das

Eisen zersetzt nämlich das Wasser nur bei höherer Temperatur: bei dieser geht aber der in Wasser gelöste Stickstoff davon. Im Augenblicke des Freiwerdens des Wasserstoffs ist also die Entstehung von Ammoniak unmöglich, und ebenso bekanntlich beim direkten Zusammenbringen von schon freigewordenem Stickstoff mit Wasserstoff und von atmosphärischer Luft mit schon entwickeltem Wasserstoff, wobei nach den Verwandtschaftsgesetzen nur Wasser gebildet werden könnte. Alle anorganische Körper welche Ammoniak enthalten, wie die Eisenerze und die vielen Felsarten, von welchen dies nachgewiesen ist, so wie auch das Kalihydrat, welches WILL und VARRENTRAPP bei der Bestimmung des Stickstoffgehalts organischer Körper anwenden, und endlich das Ammoniak, welches sich auch in sonst stickstoff-freien organischen Stoffen vorfindet, ist unmittelbar als Ammoniak aus der Luft verdichtet. Die vielen schönen Versuche FARADAY's scheinen dies genauer zu beweisen, indem sich in jenen Körpern beim Ausschlusse des atmosphärischen Ammoniaks kein Ammoniak nachweisen lässt, obgleich die Bedingungen zur Bildung von Ammoniak fortdauerten. Es bliebe demnach nur übrig anzunehmen, dass alles Ammoniak seinen Ursprung organischen Substanzen verdankt, indem es sich entweder als solches aus denselben entwickelt, oder wie dies in einigen Fällen beobachtet wurde, aus dem Stickstoff derselben, der im Augenblick des Freiwerdens mit Wasserstoff in Berührung kommt. So soll Cyangas mit Wasserstoffgas über glühenden Platinschwamm geleitet Ammoniak liefern. Ja es soll dies sogar (siehe LIEBIG S. 291.) mit Stickoxydul und Stickoxyd der Fall sein!

Kurz das Resultat, zu dem LIEBIG kommt, scheint richtig zu sein, dass das Ammoniak aus Wasserstoff und Stickstoff direkt in der Natur nicht gebildet wird. Denn wenn auch die letzten von KUHLMANN angegebenen Beobachtungen richtig sind, so sind sie doch nur als verschwindende Ausnahmen zu betrachten, die in dem grossen Haushalte der Natur keine wichtige Bedeutung haben können.

Wir kommen nun zu dem zweiten Theile des LIEBIG'SCHEN Anhangs, in welchem der Salpetersäure jeder nährende Einfluss auf die Vegetation abgesprochen wird, und zwar weil LIEBIG es sich sehr wahrscheinlich zu machen

weiss, dass die Salpetersäure durch die Vermittelung des Ammoniaks organischen Substanzen ihren Ursprung verdankt. Wenn dies nun aber auch in einigen Fällen seine Richtigkeit haben mag, so ist es doch noch weit davon entfernt, dass man diese Behauptung als ausgemacht betrachten könnte. Die Beobachtungen der Salpetersäure in den Kalkhöhlen auf Ceylon, sind keinesweges von LIEBIG widerlegt und eben so wenig das Vorkommen im Brunnenwasser, welches LIEBIG nur durch seine Hypothese zu erklären sucht, während es doch hier galt einen Beweis zu liefern. Die Entstehung der Salpetersäure bei elektrischen Entladungen ist durch die Beobachtung dargethan, und man stützt sich also auf bestimmte Facta, wenn man dieser direkt gebildeten Salpetersäure einen Einfluss auf die Planzenernährung zuschreibt. LIEBIG hat ja selbst Spuren von Salpetersäure im Gewitterregen gefunden: warum sollen diese nicht ebenso gut von Wichtigkeit sein können, wie die Spuren von Ammoniak im gewöhnlichen Regenwasser? Es ist gewiss gezwungen wenn LIEBIG hier zu Gunsten seiner Hypothese annimmt, dass jene Salpetersäure erst aus Ammoniak gebildet worden sei, da es doch nach dem schönen Versuch von CAVENDISH feststeht, dass sich durch den Einfluss der Electricität die Bestandtheile der atmosphärischen Luft, Stickstoff und Sauerstoff, direkt zu Salpetersäure vereinigen können.

Wenn nun LIEBIG S. 296. die Unmöglichkeit der Ernährung durch Salpetersäure dadurch zu beweisen sucht, dass er auf die vollkommene Unfruchtbarkeit der Umgegend der Salpeterminen zu Quarta Jaga und Sta Rosa hinweist, so lässt sich mit unumstösslicher Gewissheit die Unfruchtbarkeit dieser Gegend im Mangel an Wasser, und vielleicht noch in vielen anderen Umständen suchen. Noch weniger aber wird der Salpetersäure dadurch mit Recht ihre Wirkung streitig gemacht, dass sie wie LIEBIG S. 302 bemerkt, im Fall sie wirklich dazu bestimmt wäre den Pflanzen Stickstoff zu liefern, diesen ohne Unterschied überall zugänglich sein müsste. Ebenso gut wie die Pflanzen ohne Humussäuren wachsen *können*, in den meisten Fällen aber wirklich Humussäuren aufnehmen, und dadurch üppiger gedeihen, eben-

KAPITEL IV.

DIE ANORGANISCHEN BESTANDTHEILE.

A. *LIEBIG's Lehre über die anorganischen Bestandtheile der Vegetabilien.*

Ausser Kohlensäure, Ammoniak und Wasser brauchen die Pflanzen noch gewisse anorganische Bestandtheile: so fehlt in dem Samen der Grasarten niemals phosphorsaure Bittererde in Verbindung mit Ammoniak, von welchem Doppelsalze die Kleie des Mehls die grösste Menge enthält. Hieraus erklären sich die grossen steinigen Concremente in dem Blinddarm der Mühlerpferde.

Es enthalten nämlich erstens alle Pflanzen organische Säuren, von welchen bei Weitem der grösste Theil an Basen gebunden ist: nur wenige Pflanzen enthalten freie organische Säure. Mit dem Verschwinden der Säure beim Reifen der Früchte nimmt auch der Alkaligehalt des Saftes ab, so z. B. beim Reifen der Weintrauben der Kaligehalt. Es finden sich diese Bestandtheile in der geringsten Menge in den Theilen, in welchen die Assimilation am stärksten ist, in der grössten dort, wo die Assimilation vermittelt wird, also in den Blättern, sodann in den Zweigen; der Stamm ist am ärmsten daran. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen fehlen demnach die anorganischen Basen in den Pflanzen niemals.

Nun treten aber zweitens jene aus organischen Säuren und anorganischen Basen bestehenden Salze immer in derselben Form in den Pflanzen auf, sei es nun als neutrales, als doppeltsaures Salz oder in irgend einer anderen Form. Wenn die Pflanze keine anorganische Basis im Boden vorfindet, so ist sie genöthigt dieselbe durch die Bildung einer organischen zu ersetzen; so sehen

wir Z. B. in Kartoffeln, die im Keller keimen, das giftige Solanin gebildet werden. Umgekehrt kann oft die organische Säure durch eine anorganische ersetzt werden: in manchen Opiumsorten fehlt die Meconsäure, und wir finden sie durch Schwefelsäure vertreten.

Drittens nun soll nach LIEBIG die Pflanze nur so viel Säure produciren, als sie braucht, also immer gleich viel. Diese muss aber, wie wir unter 1° sahen, gesättigt werden, so dass die Pflanzen demnach einer nie wechselnden Menge Basis bedürfen. Was dies für eine Basis ist, ist im Ganzen gleichgültig, da es eben nach LIEBIG vor allen Dingen darauf ankommt, dass die Säuren gesättigt werden, so dass es mehr auf die Summe der Sättigungscapacitäten als auf die sonstigen Eigenschaften jener Basen ankommt. Deshalb können sich verschiedene Basen, wenn nur in denselben die Sauerstoffmenge dieselbe ist, unter einander vertreten. Diesen Schluss, zu dem LIEBIG a priori gelangt ist, sollen die Berechnungen, die sich besonders auf die SAUSSURE'SCHEN Analysen stützen, rechtfertigen. Diese Berechnungen konnten aber deshalb angestellt werden, weil die Basen, welche die Pflanze aufnimmt, ohne sie zu assimiliren, nach LIEBIG wieder ausgeschieden werden, die Bestandtheile also, die wir unter den natürlichen Verhältnissen in der Asche finden, unentbehrlich sein müssen.

Von verschiedenen Pflanzen werden nun verschiedene anorganische Basen dennoch vorgezogen. So enthalten die Grasarten und Equisetaceen Kieselsäure und Kali: daher sind Grauwacke, Porphyr und Basalt, die reich an Kali sind, so geeignet zu Wiesen. Wenn bei zu stark gesteigertem Graswuchs durch das Heu zu viel Kali weggenommen wird, was z. B. eintritt, wenn man die Wiesen zu reichlich gypst, dann wird durch diesen Kaliverlust der Graswuchs fürs nächste Jahr abnehmen. Man kann indess durch Seifensieder-Asche, Kuhdünger und andere kalireiche Substanzen diesen Verlust wieder ersetzen. Auf demselben Umstande beruht es, dass man durch das Verbrennen der Erica vulgaris, welche allmälig Natron und Kali sammelt, von dreissig zu dreissig oder vierzig Jahren auf der Lüneburger Haide eine Getreideërndte erzwingen kann. Zu den Pflanzen, welche eine ausgesprochene Vorliebe für Kali haben, gehört ferner der Wein: daher erfordern die Weinberge kalireichen Kuhdünger.

Eine grosse Menge der für die Pflanze unentbehrlichen Salze wird vom Winde aus dem verdampfenden Meerwasser dem Lande zugeführt.

Die Existenz der Meerespflanzen ist völlig dadurch erklärt, dass das Meerwasser über 100 mal mehr Kohlensäure als die Luft und ausserdem nach MARCET Ammoniak enthält. Wie die Landpflanzen der Alkalien, so scheinen viele Meerespflanzen der Jodmetalle zu bedürfen.

B. *Beurtheilung von LIEBIG's Lehre über die anorganischen Bestandtheile der Vegetabilien.*

LIEBIG's eigenthümlichste Behauptung in diesem Kapitel ist, dass die Pflanzen im allgemeinen einer nie wechselnden Menge von Basis bedürfen, wobei in vielen Fällen die eine die andere ersetzen kann, wenn nur die Sauerstoffmenge in beiden gleich gross ist, so dass die organischen Säuren gesättigt werden können. Ich stelle LIEBIG's Behauptung hier gleich so modificirt hin, wie ich glaube dass sie nach dem Sinne seiner ganzen Lehre aufgefasst werden muss, und dies, um ihn von Vorne herein zu vertheidigen gegen die Angriffe derer, welche ihm die Lehre einer absoluten Stellvertretung unterschieben: freilich gaben seine Worte hier und da zu einer solchen Auffassung Veranlassung. Um zu beweisen, dass LIEBIG keine unbedingte Stellvertretung lehrt, will ich nur auf S. 96 hinweisen, wo er für die Gramineen und Equisetaceen (1) das kieselsaure Kali in Anspruch nimmt, welches durch Kalk nicht ersetzt werden könne. Andere Beispiele wird Jeder, der diesen Abschnitt in seinem Text durchliest, leicht selbst herausfinden. Deutlicher hat sich LIEBIG später selbst in den Annalen über diesen Gegenstand ausgesprochen.

Wir wollen nun die Gründe, welche LIEBIG für seine Behauptung anführt, näher prüfen. Sie sind theils a priori aufgestellt, theils stützen sie sich auf

---

(1) Es heisst im Text: «die Grasarten z. B. die Equisetaceen.» Dass die Equisetaceen aber nicht zu den Grasarten gehören, soll hier bloss für den mit der Botanik nicht vertrauten Theil des Publicums bemerkt werden: dem Nicht-Botaniker könnte eine solche Verwechselung wohl entwischen. N. LIEBIG hat in der 5ten Auflage selbst diesen Fehler verbessert.

das Experiment. Er sagt also unter 3°: die Pflanze producirt nur so viel Säure als sie braucht, also immer gleich viel: die Sättigungscapacität ist also immer dieselbe, und deshalb die Quantität der Basen immer gleich. Hiergegen ist aber zu erinnern, dass die Pflanze einmal nicht alle organische Säure selbst erzeugt, sondern wie wir schon früher durch MULDER, SAUSSURE und SPRENGEL erfahren haben, auch Huminsäure, Ulminsäure, Erdsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure von Aussen aufnimmt: die Menge dieser ist natürlich von der Beschaffenheit des Bodens abhängig, und folglich unbestimmt, was schon daraus hervorgeht, dass diese assimilirt werden, und also wohl nicht gerade ganz in der Form von Säure in den Pflanzen enthalten sind. Mit diesen Säuren werden nun aber ausser Ammoniak auch solche Basen aufgenommen, die bei Verbrennung der Pflanze eine Asche hinterlassen: die Menge dieser könnte in einem gewissen Grade auch wechselnd sein. Nach DAVY's Beobachtungen ist das nun wirklich der Fall. Weizenpflanzen mit 15 proc. Aschengehalt sollen eben so vortrefflich gedeihen, wie die mit 12 proc., 5 proc., 4 proc. und 3 proc. Dazu kommt nun aber noch, dass eine grosse Menge von Basen an anorganische Säuren gebunden sich in den Pflanzen vorfindet und als Salze aufgenommen wird; dahin gehört vor allen Dingen das kieselsaure Kali. Dass indessen eine gewisse Menge von Basen nöthig ist, um die organischen Säuren zu neutralisiren beweist einmal das unter 1° erwähnte sehr seltene Vorkommen freier organischer Säuren, so wie das Abnehmen des Alkalis, wenn die Menge der organischen Säure beim Reifen der Früchte verschwindet, was ja darauf hinweist, dass die Quantität der anorganischen Basen von der der organischen Säuren abhängt; zweitens aber die von LIEBIG mit vollem Recht hervorgehobene Bildung von organischen Basen in den Pflanzen selbst, wenn sie in Verhältnissen leben, in welchen es ihnen nicht möglich ist, von Aussen anorganische Basen aufzunehmen. Diese Beobachtung ist höchst beachtenswerth ebenso wie jene umgekehrte, dass organische Säuren in den Pflanzen nicht gebildet werden, wenn der Boden so reichlich anorganische liefert, dass es der Pflanze leichter ist, diese unmittelbar dem Boden zu entnehmen. Der weiter unter 2° angeführte Umstand, dass die Salze unter den gewöhnlichen Umständen immer in derselben Form auftreten, spricht allerdings für LIEBIG's

Lehre, insofern daraus wenigstens folgt, dass die anorganischen Basen in einem bestimmten Verhältnisse in den Pflanzen enthalten sein müssen.

Um nun strenger zu beweisen, dass sich die Quantität der Basen stets gleich bleibt, hat LIEBIG folgende Berechnungen angeführt. In 100 Theilen Fichtenasche vom Mont Breven, und in 100 Theilen derselben vom Mont La Salle, wurden nach SAUSSURE's Analyse aequivalente Mengen von Metalloxyden gefunden; der Sauerstoffgehalt der ersteren betrug 9,01, der in der Asche vom Mont La Salle 8,95; der Unterschied ist hier allerdings so klein, dass er füglich vernachlässigt werden darf. Eben so sollen nach BERTHIER's Analysen 100 Theile Tannenholzasche von Allevard und 100 Theile derselben Asche in Norwegen gleiche Aequivalente von Basen, die eine 12,82, die andere 12,84 Sauerstoff enthalten, von welchem 1,37 auf die mit denselben verbundene Schwefelsäure und Phosphorsäure kommt. Diese beiden Rechnungen scheinen LIEBIG's Satz also gänzlich zu bestätigen. SPRENGEL wirft hier LIEBIG mit Unrecht vor, er verfahre bei der Rechnung so, als enthielten Kali und Natron gleich viel Sauerstoff; in der Analyse der zweiten Tannenasche, in welcher LIEBIG den Sauerstoffgehalt von 14,1 Kali auf 2,4 den von 20,7 Natron auf 5,3 veranschlägt, ist das doch gewiss nicht geschehen, und wenn er für 16,8 Kali und Natron zusammen 3,42 Sauerstoff berechnet, so ist hier der Sauerstoffgehalt doch weder bloss nach dem Kali, noch bloss nach dem Natron berechnet. Gerechter ist der Einwand MOHL's, dass man nach der Analyse zweier Pflanzen, noch dazu zweier, die so nahe verwandt sind, keinen allgemeinen Schluss ziehen darf; wir brauchten gewiss noch sehr viele Analysen, um aus denselben für die Pflanzen überhaupt etwas folgern zu dürfen. Aus den Analysen jener zwei Pflanzen scheint hervorzugehen, dass es ganz gleichgültig ist, welche Basen zur Neutralisation der Säuren vorhanden sind; allein wie gesagt diese zwei Pflanzen machen kein Gesetz, und wir wissen wie sehr einige Pflanzen an bestimmte Basen gebunden sind.

Ich will bei dieser Gelegenheit an den hübschen Versuch von SPRENGEL, der in der Preisschrift von WIEGMAN und POLSTORF S. 44 mitgetheilt ist, erinnern. SPRENGEL theilte nämlich einen Kübel in 6 Fächer, welche er alle mit Gartenerde füllte, die er aber im ersten Fach mit etwas kohlensaurem Kali, im

zweiten mit etwas Knochenpulver, im dritten mit etwas Kochsalz, im vierten mit etwas Gyps, im fünften mit etwas Kali, Knochenpulver und Gyps mischte, im sechsten aber unvermischt liess. Er setzte nun auf diesen Kübel einen anderen, der keinen Boden hatte, füllte denselben auch mit Gartenerde und pflanzte darin eine mit vielen an 6 Zoll langen Wurzeln versehene Pflanze von Trifolium pratense. Als diese Pflanze 4 Monate lang fortgewachsen war, verhielten sich ihre Wurzeln in den einzelnen Fächern des unteren Gefässes sehr verschieden. Das Fach, welches den Zusatz des Knochenpulvers enthielt, hatte die meisten und üppigsten Wurzeln, während die wenigsten und die feinsten in dem Fache waren, in welchem das Kochsalz sich befand. Eine ähnliche Erfahrung theilt Professor WIEGMANN von sich selbst mit. «Der verewigte Professor WEBER in Kiel,» sagt er, «hatte im Herbste 1821 verschiedene Pflanzen meines Gartens, unter welchen sich nebst mehren Arten von Aster Mentha, Monarda und Lysimachia, auch Astragalus Cicer, Coronilla varia und Galega orientalis befanden, für den dortigen botanischen Garten bei mir bestellt. Diese schlug ich bis zur Absendung an einem Orte meines Gartens ein, der durch eine Einfassung von sehr dichtem Buxbaum von dem mit Flusssand bedeckten, hart gewalzten Wege geschieden war, auf welchem sich aber ein kleiner Haufen gelöschten Kalks, der von einer Reparatur des Geschirrhauses übrig geblieben und nicht weggeräumt worden war, nahe an dem Buxbaum liegend befand. Noch ehe ich sämmtliche Pflanzen absenden konnte, erhielt ich die traurige Nachricht von dem Tode meines Freundes, und liess nun die Pflanzen unbeachtet den Winter über eingeschlagen liegen. Am Ende des Monats April des folgenden Jahrs, als ich die nöthigsten Gartengeschäfte schon besorgt hatte, wollte ich diese eingeschlagenen Pflanzen entfernen, und bemerkte mit Bewunderung, dass die kalkliebenden Pflanzen, Astragalus Cicer, Coronilla varia und Galega orientalis ihre Soboles, eine Schicht anderer Pflanzen durchsetzend, durch den Buxbaum und den harten Weg, bis ganz in die Nähe des kleinen Kalkhaufens getrieben hatten, und in dem harten Wege freudig empor wuchsen, in dem lockeren Gartenboden aber nur wenige, kaum 6 Zoll lange Wurzeln getrieben hatten, dagegen die Soboles der Mentha, Monarda, Lysimachia und Asterarten, in dem lockeren

Boden weit fortgelaufen waren, und in der Nähe des Buxbaumes sich nicht weiter ausgebreitet hatten."

Diese beiden Beobachtungen beweisen gewiss, dass es den Pflanzen nicht unbedingt gleichgültig ist, was für eine anorganische Basis sie zur Assimilation vorfinden. Ganz richtig bemerkt LIEBIG selbst in Betreff der Säuren, dass diese in verschiedenen Familien ganz verschieden sind, und dass wir das unabänderliche Vorkommen derselben gewiss nicht als zufällig ansehen können. Warum sollte nun aber nicht dieselbe oder doch eine ähnliche Eigenthümlichkeit in Betreff der Basen herrschen? So finden wir in den Gramineen und Equisetaceen stets kieselsaures Kali, im Weinstock ist Kali ein unentbehrlicher Bestandtheil, die Samen der Cerealien enthalten immer phosphorsaure Bittererde; so erfordert Flachs ebenfalls Magnesia, und diese soll durch andere Basen nicht ersetzt werden können.

Man könnte die Zahl dieser Beispiele leicht noch vermehren, es reichen aber schon diese hin, um ganz entschieden darzuthun, dass jene Vertretung nur innerhalb gewisser Grenzen möglich ist, und keinesweges ausschliesst, dass gewisse Pflanzengattungen, wenn ich so sagen darf, eine feste Vorliebe für irgend eine bestimmte Basis haben. Die Salsola Kali kommt nach SPRENGEL in gewöhnlicher Gartenerde nur dann gut fort, wenn man den Boden mit Kochsalz bestreut: es lässt sich hier das Kali durch das so verwandte Natron vertreten. HLUBECK (1) giebt noch mehre Thatsachen an, die für die gegenseitige Ersetzung der Basen sprechen; wir treffen oft dieselbe Flora auf ganz verschiedenem Boden an, so finden wir nach BROWN und HOOKER die Alpenflora, welche dem Kalk angehört, in der Polarzone wieder, ohne dass sie an Kalk gewiesen wäre; so sehen wir dieselben Wasserpflanzen bei gleicher Temperatur bisweilen gleich gut gedeihen, obgleich der Grund der Seeën, und Flüsse, Bäche und Teiche ganz verschiedenen Formationen angehört. Ebenso gehören die meisten Kulturpflanzen zu den sogenannten Bodenvagen, d. h. zu denen, welche an keinen bestimmten Boden gebunden sind. Wie auf der

(1) In seiner Beantwortung der wichtigsten Fragen des Ackerbaus, S. 35.

anderen Seite aber wieder die chemische Zusammensetzung des Bodens von unläugbarem Einflusse auf die Vegetation ist, geht aus einer von CAUMONT in den Comptes rendus von 1843 T. XVI. p. 142 mitgetheilten Beobachtung hervor, dass nämlich die Eigenschaften der Früchte derselben Baumarten auf Lias, Oölith, grünem Sandstein, Kreide, u. s. w. ganz verschieden sind.

In der Darstellung von LIEBIG's Lehre haben wir unter N°. 3 schon gesehen, dass er eine Ausscheidung von anorganischen Materien annimmt; wir haben schon früher bei der Behandlung der Humussäuren bemerkt, wie man nach Assimilation dieser an die Basen gebundenen Säuren, wahrscheinlich eine Ausscheidung jener frei gewordenen Basen annehmen muss. Damit steht es nun im besten Einklange, dass nach LIEBIG, wie wir unter 1° sahen, in den Theilen am wenigsten Basen enthalten sind, in welchen die Assimilation am stärksten ist, während dort wo die Assimilation erst vermittelt wird, die grösste Menge dieser Basen gefunden wird. Wir finden übrigens diese Thatsache schon bei SENNEBIER angedeutet. In seiner Physiologie végétable T. II. p. 450 heisst es: „en suivant une table curieuse faite par KIRWAN, dans sa belle Dissertation sur les engrais, j'ai observé que les herbes, qui combinent beaucoup et qui combinent très-vîte leurs éléments, contiennent beaucoup plus de matières salines que les bois: ne serait-il pas probable, que les *feuilles* (1) et les écorces des arbres auraient donné à cet égard des rapports à peu près semblables à ceux des herbes?"

Die nächsten Bemerkungen betreffen die Kultur. LIEBIG warnt also ganz mit Recht davor; den Graswuchs zu stark zu steigern, damit nicht auf einmal zu viel Kali assimilirt wird, wodurch für das nächstfolgende Jahr die nöthige Menge fehlen könnte. Seine Bemerkung, dass man hier durch das Bestreuen der Wiesen mit Seifensiederasche nachhilft, ist, wenn SPRENGEL's Analyse richtig ist, falsch. Da LIEBIG selbst keine bestimmte Analyse angiebt, muss ich mich an die SPRENGEL'SCHE halten. Nach dieser soll die Seifensiederasche nur sehr wenig kieselsaures Kali enthalten, dagegen kohlensauren, schwefelsauren, phosphorsauren Kalk, phosphorsaure Bittererde und Aetzkalk. Hier-

(1) Vgl. oben S. 76.

nach könnte also die Seifensiederasche gegen Kaliverlust kein Specificum (?) sein, ausser durch Vertretung; diese könnte hier aber fast nur von Seiten der phosphorsauren Bittererde, die in 15 Theilen kaltem Wasser löslich ist, statt finden, denn jene Kalksalze sind schwer löslich. Wie sehr Kali dem Getreide nützt, lehrt uns das Factum, dass man auf der Lüneburger Haide von 30 zu 30 oder 40 Jahren eine Getreideërndte erzwingt, dadurch, dass man Erica vulgaris verbrennt; sehr schön ist die Erklärung LIEBIG's dass die Asche dieser Pflanze so nützlich ist durch den Kaligehalt, den sie während jener Zeit aus dem Boden gesammelt hatte.

LIEBIG's Behauptung, dass die Pflanzen eine grosse Menge ihrer Salze aus dem verdampfenden Meerwasser durch den Wind zugeführt bekommen, erhält eine Analogie durch eine sehr interessante Mittheilung von HURAUT (1), nach welcher viele Pflanzen (besonders die Cruciferen), welche durch ihren Schwefelgehalt ausgezeichnet sind, einen Theil ihres Schwefels, ja unter Umständen wohl auch all ihren Schwefel aus der Luft bekommen, so dass also auch für die Assimilation der anorganischen Stoffe die Luft theilweise vermittelnd einwirken könnte. Schon früher hatte VOGEL in einer Pflanze von Lepidium sativum, die er in ganz schwefelfreiem Bodem zog, 15 mal mehr Schwefel gefunden, als im Samen vorhanden war. Aus folgenden Beobachtungen glaubt nun HURAUT schliessen zu dürfen, dass diese ihren Schwefel in der Form von Schwefelwasserstoff aus der Luft bekommen habe. Oelgemälde, welche längere Zeit der Luft ausgesetzt sind, ebenso Bleisalzlösungen bekommen nach und nach eine graue Farbe; Gold, Kupfer und Silber verändern, wenn sie längere Zeit mit der Luft in Berührung sind, ihre Farben ebenfalls. So fand man die ganz aus Kupfer bestehende Spitze eines Pfeiles eines Blitzableiters in Paris nach mehren Jahren ganz in Schwefelkupfer umgewandelt. Uber den Ursprung dieses Schwefelwasserstoffs kann man nicht zweifelhaft sein, wenn man bedenkt, dass sich aus Sümpfen und von allen faulenden Körpern Schwefelwasserstoff entwickelt.

---

(1) Journal der praktischen Chemie von ERDMANN und MARCHAND, Bd. XXIX. S. 491.

Zum Schlusse dieses Abschnitts giebt LIEBIG noch eine ganz richtige Parallele zwischen der Ernährung der Meerespflanzen und der Landpflanzen. Die Atmosphäre jener ist gewissen Maassen das Meerwasser, welches Kohlensäure und Ammoniak enthält. Die Jodmetalle mögen hier allerdings häufig die Rolle der Alkalien übernehmen.

Wenn wir zum Schlusse der Kritik wieder die Balance ziehen, um die thatsächlich erwiesenen Wahrheiten zu sondern, so finden wir, dass die Pflanzen zur Neutralisation ihrer organischen Säuren einer gewissen Quantität Basen bedürfen, und zwar so, dass wenn das Minimum, welches sie erfordern, fehlt, andere organische Basen von den Pflanzen selbst gebildet werden, wie z. B. in den Kartoffeln das Solanin, in den Chinasorten Chinin, Cinchonin, u. s. w. Indessen geht aus DAVY's Untersuchungen über den Weizen hervor, dass die Menge der anorganischen Basen auch bei gesunden und ganz vortrefflich gedeihenden Pflanzen derselben Species keinesweges unabänderlich dieselbe ist. Als zweite Thatsache haben wir in diesem Kapitel erfahren, dass bis zu einer gewissen Grenze die eine Basis die andere vertreten kann; dass aber dennoch vielen Pflanzen gewisse Basen durchaus eigenthümlich sind, und sich nicht einmal durch eine sonst sehr verwandte Basis vertreten lassen, so das Kali nicht durch Natron in den Weinreben. — Für die Meerespflanzen endlich hat LIEBIG ganz mit Recht darauf aufmerksam gemacht, wie die Alkalien hier häufig durch Jodmetalle vertreten werden.

Auf das, was die Cultur betrifft, werden wir weiter unten im letzten Kapitel zurückkommen.

Die einzige Abänderung nämlich, welche ich mir in der Reihenfolge der LIEBIG'SCHEN Eintheilung erlaube, ist die, dass ich die Lehre von der Wechselwirthschaft und dem Dünger vor der von der Cultur abhandle. Es wird dies hinlänglich dadurch entschuldigt, dass die TEYLER'SCHE Gesellschaft auf die Cultur ein besonderes Gewicht gelegt hat; ich werde durch diese Eintheilung in den Stand gesetzt im Kapitel über die Cultur mich auf die Resultate meiner ganzen Kritik zu stützen.

Nachtrag zu vorstehendem Kapitel über die anorganischen Bestandtheile der Vegetabilien.

Das, was in Betreff dieses Gegenstandes in der fünften Ausgabe neu hinzugekommen ist, besteht mehr in interessanten Ausführungen, als wohl darin, dass viel Wesentliches geändert oder ganz neu hinzugefügt worden wäre. Was die Aenderungen betrifft, so haben wir hier wiederum einerseits die Zahlenänderungen, vorzüglich auf S. 90 und 99 anzuführen, mit denen dieselben Seiten der früheren Ausgaben zu vergleichen sind, andererseits aber die ganz richtige Beschränkung der Vertretung der alkalischen Basen auf viele derselben, während diese Fähigkeit früher allen zugeschrieben zu werden schien. Neu hinzugekommen sind unter derselben Ueberschrift, wie in den früheren Ausgaben einige recht schöne Beispiele dafür, dass von gewissen Pflanzen eine bestimmte Basis wirklich erfordert wird. So wird also S. 99 der Tabackspflanze, dem Holze der Weinrebe, den Erbsen und dem Klee der Kalk vindicirt, den Kartoffeln, Runkelrüben und vielen anderen Pflanzen hingegen die Magnesia.

Ausserdem nun aber gehören hierher zwei andere Abschnitte, die in den früheren Ausgaben fehlten, von denen der erstere über den Ursprung des Schwefels, der zweite über den Ursprung der Ackererde handelt. Dem Abschnitt über den Schwefel hat LIEBIG zwischen den organischen und anorganischen Bestandtheilen eine Stelle gegeben, wohl um den Uebergang zu bezeichnen, der hier allerdings statt findet, indem der Schwefel, den wir sonst als anorganisch zu betrachten gewohnt sind, in den Proteinverbindungen gewisser Massen organisirt zu sein scheint. Es liesse sich dem Schwefel nur ebenso der Phosphor anreihen, der bekanntlich im Fibrin und Albumin enthalten ist. LIEBIG macht in Betreff des Schwefels auch auf die Quelle, welche die Luft in ihrem Schwefelwasserstoff darbietet, aufmerksam, welche wir bereits eines Breiteren erörtert haben. Sonst sucht LIEBIG diese ganz richtig in den schwefelsauren Salzen des Bodens, unter denen, wie wir schon sahen, der Gyps theils durch seine direkte Wirkung, welche ihm von LIEBIG

hier auch ganz ausdrücklich zugeschrieben wird, theils indem er sich mit dem kohlensauren Ammoniak zu kohlensaurem Kalk und schwefelsaurem Ammoniak, welches letztere wir mit LIEBIG für die geëigneteste Schwefelverbindung halten, umsetzt, eine Hauptrolle spielt.

In dem zweiten Abschnitt über den Ursprung der Ackererde macht LIEBIG auf die mechanische Zertrümmerung der Gesteine und Felsarten durch die Bewegung der Gletscher, und auf die chemische Auflösung derselben durch Wasser, Sauerstoff und Kohlensäure aufmerksam. Es wird dies auf eine sehr belehrende Weise besonders an den Silikaten und Thonarten ausgeführt, welche durch das Wasser ihrer löslichen Alkalisalze beraubt werden, wodurch diese also assimilationsfähig werden: enthalten sie Kieselsäure und ist gleichzeitig Kohlensäure zugegen so wird die Kieselsäure ausgetrieben. Dies ist also die Zersetzung der Gebirgsarten durch Kohlensäure-haltiges Wasser, von welcher schon in den früheren Ausgaben die Rede war. Der Einfluss des Sauerstoffs allein wird besonders an dem Eisenoxydul anschaulich gemacht, welches in vielen Felsarten, wie Basalt und Thonschiefer, enthalten, in den oberen Erdschichten zu Eisenoxyd wird, weshalb diese sobald sie der Luft eine Zeit lang ausgesetzt waren, roth werden, während der Untergrund vermöge seines Gehalts an Eisenoxydul, zu welchem der atmosphärische Sauerstoff nicht hinzutreten kann, eine schwarze Farbe hat.

KAPITEL V.

DIE WECHSELWIRTHSCHAFT UND DER DÜNGER.

A. LIEBIG's *Lehre von der Wechselwirthschaft und dem Dünger.*

Gewisse Pflanzen wie Erbsen, Klee, Lein gedeihen auf einem und demselben Felde erst nach einer Reihe von Jahren wieder; andere wie Hanf, Taback, Topinambur, Rocken, Hafer können bei gehöriger Düngung hinter einander gebaut werden. Viele Pflanzen verbessern den Boden, andere schonen ihn, die meisten aber wirken angreifend oder erschöpfend. Angreifend sind Brachrüben, Kopfkohl, Runkelrüben, Dinkel, Sommer- und Wintergerste, Rocken und Hafer; erschöpfend sind Weizen, Hopfen, Krapp, Stoppelrüben, Reps, Hanf, Mohn, Karden, Lein, Pastel, Wau, Süssholz.

Eben dieser Umstand, dass also manche Pflanzen, obgleich das Feld gedüngt wird, auf demselben nicht hinter einander gebaut werden können, hat das System der Wechselwirthschaft ins Leben gerufen. Es beruht dasselbe nach LIEBIG auf zwei Principien.

1°. Das erste dieser ist die Excrementen-theorie. Nach DECANDOLLE scheiden nämlich die Pflanzen von den aus dem Boden aufgenommenen Materien diejenigen durch die Wurzeln wieder aus, welche nicht assimilirt werden können. Diese Materien nennt er Excremente. Wenn sich diese im Boden angehäuft haben, so kann die Pflanze, welche sie ausgeschieden hat, in diesem Boden nicht mehr fortkommen. Sie können aber für eine andere Pflanze assimilirbar sein, durch diese aus dem Boden entfernt werden, und dadurch wird dieser für die vorige Pflanze wieder fruchtbar. Nach Versuchen von MACAIRE PRINCEP ist es ungewiss ob die Excremente als

solche dem Boden vorher entnommen waren oder in der Pflanze selbst gebildet werden. Da aber ein grosser Theil derselben Kohlenstoff enthält, und der Boden in dieser Form mehr Kohlenstoff zurückbekommt, als er in der Form von Humus abgegeben hatte, so sei es wahrscheinlich, dass die kohlenstoffhaltigen Excremente von den Nahrungsmitteln herrühren, welche aus der Luft stammen, und also in der Pflanze gebildet wurden. Wenn diese Excremente verwesen, so liefern sie Kohlensäure, durch welche sie den Humus ersetzen. Durch Kalk wird die Verwesung beschleunigt, weil der kalkhaltige Boden durch seine poröse Beschaffenheit die Luft anzieht, und die Gegenwart der Basis die Bildung der Säure praedisponirt. Durch schwereren Thon oder Lehmboden wird die Verwesung im Gegentheil aufgehalten. So bedürfen Lein, Erbsen, Klee, selbst Kartoffeln auf Thonboden der längsten Zeit zur Humificirung ihrer Excremente: man kann hier aber nachhelfen durch die Anwendung von Alkalien, unausgelaugter Asche, gebranntem Kalk, so wie auch durch Kohlenpulver, welches ein so grosses Quantum von Gas in seinen Poren verdichten kan. Die Humificirung der Excremente ist hiernach ein Zweck, der bei der Brache erreicht wird. In der Nähe des Nils und des Rheins wird die Brache oft durch eine Ueberschwemmung ersetzt; dasselbe wird erreicht durch das Wässern der Wiesen, wobei aber nicht allein das Wasser als solches nützt — denn sonst müssten sumpfige Wiesen die fruchtbarsten sein — sondern auch die frische Luft, die mit dem Wasser zugeführt wird, insofern sie die Verwesung bewirkt. Im auflöslichen Zustand sind die Excremente zuerst schädlich, weil sie nicht assimilirbar sind. Dadurch nun, dass sie sie sich an einzelnen Stellen vorzugsweise anhäufen, entstehen kahle Plätze: sie verwesen aber nach und nach und dadurch werden jene Plätze wieder fruchtbar. So sieht man also wie die Humuserzeugung eine Hauptaufgabe der Wechselwirthschaft ist. Daher sät man Brachfrüchte, — Klee, Rocken, Lupinen, Buchweizen, Esparsette, Luzern, — auf die Felder; durch Umackern werden diese dem Boden kurz vor der Blüthe einverleibt. Es haben diese ausserdem den Nutzen, dass sie den Boden gewisser Maassen wie eine Haube bedecken und die Verdunstung des Ammoniaks verhindern. Die besten Pflanzen zur Humuserzeugung sind die, deren Blät-

ter Thieren zur Nahrung dienen: diese sind als Vorfrucht allen Gewächsen nützlich, besonders aber denen, welche wie Reps und Lein vorzugsweise des Humus bedürfen.

2. Der andere Grund, auf welchem die Wechselwirthschaft beruht, ist, dass die eine Pflanze dem Boden andere organische Bestandtheile entzieht als die andere. So soll man nach Weizen, der am meisten kieselsaures Kali consumirt, Leguminosen und Hackfrüchte bauen können, die wenig Kali bedürfen. Darauf gedeiht aber wieder Weizen, weil der Boden in drei Jahren wieder hinlänglich verwittert und Kali genug aufgeschlossen ist, um die Cerealien mit dieser für sie unentbehrlichen anorganischen Basis zu versehen.

Was nun den Dünger betrifft, so dient er dazu, gewisse eigenthümliche Substanzen, die wir in den Samen, den Blättern und den Wurzeln wegnehmen, auf eine geeignete Weise zu ersetzen. Es besteht derselbe aus Excrementen von Thieren und vom Menschen so wie aus todten Leibern: da nämlich jeder Bestandtheil dieser von Pflanzen herrührt, so müssen sie eben dadurch wenn sie zur Erde wiederkehren den Pflanzen wieder Nahrung verschaffen.

Wir wollen nun in dieser Hinsicht *a*) die festen, *b*) die flüssigen Excremente und *c*) die Ueberreste von Thierleibern und zwar namentlich das Knochenpulver betrachten.

a) Die festen thierischen Excremente sollen nach der gewöhnlichen Ansicht vorzugsweise durch eine verwesbare organische Substanz, die den Humus ersetzen soll, und durch stickstoffreiche Stoffe nützen. Allein was die letzteren betrift, so enthält der Koth der Thiere so wenig Stickstoff, dass dieser nicht in Betracht kommen kann. Die festen Excremente des Hunds enthalten ausser dem phosporsauren Kalk der Knochen kaum $^1/_{100}$ einer fremden organischen Substanz, die des Pferds o, 8%, die der Kuh o, 5%. Indessen wird von diesen Thieren dennoch mehr Stickstoff eingenommen, als sie assimiliren und in den festen Excrementen ausscheiden: diesen Ueberschuss finden wir in der Milch und im Harn wieder. Unter den festen Excrementen können durch ihren Stickstoffgehalt nur die menschlichen in Betracht kommen, besonders wenn sie von Personen herrühren, die reichlich

animalische Kost geniessen. Wir führen aber mit dem Koth eine Menge vegetabilischer Materie und anorganischer Salze auf den Acker. Die Wirkung der vegetabilischen Materie ist indess auch nicht sehr hoch anzuschlagen: denn ein guter Boden wird beim Umlauf mit Esparsette und Luzern nur von zwölf zu zwölf Jahren einmal gedüngt, und in der Kohlensäure des Regens wird weit mehr Kohlenstoff zugeführt als in jenem Dünger. Die Hauptwirkung fällt demnach auf die anorganischen Bestandtheile der festen Excremente zurück.

Im Dünger der Kühe und der Schaafe findet man kieselsaures Kali und phosphorsaure Salze, in den menschlichen Excrementen phosphorsauren Kalk und phosphorsaure Bittererde, in denen der Pferde kieselsaures Kali und phosphorsaure Bittererde. Durch das Stroh werden aber auch Phosphorsalze und kieselsaures Kali auf den Acker gebracht. Wegen dieser Wichtigkeit der Excremente rechnet man zu hundert Morgen Getreideland in Deutschland als nothwendiges Erforderniss zwanzig Morgen Wiesen, denn im Getreide und in dem gemästeten Vieh führen wir mehr aus, als in den Excrementen wieder zurückgegeben wird. Der Verlust der Wiesen kann dann wieder durch die Asche des Holzes ersetzt werden. In Flandern wird durch das Ueberfahren mit Holzasche und Knochenerde der jährliche Ausfall ersetzt. Man führt hier den vorzüglichsten Gehalt der Excremente nur in einer anderen Form zu. Die mit kaltem Wasser ausgelaugte Holzasche enthält kieselsaures Kali, grade in dem Verhältnisse wie im Stroh, als $KO + 10\ SiO^3$: ausser diesem Salze aber noch phosphorsaure Salze. Die Eichenholzasche besitzt den geringsten, die Buchenholzasche den grössten Werth.

Die Asche von Braunkohlen und Torf enthält mehrentheils kieselsaures Kali und phosphorsaure Salze: sie ersetzt also einen Hauptbestandtheil des Kuh- und Pferdedüngers.

Wir gehen nun *b*) zu der Betrachtung der flüssigen Excremente über. LIEBIG behauptet nämlich in Betreff des Stickstoffs, dass das Ammoniak der Atmosphäre allein schon hinreiche, um die Pflanze zu ihrer normalen Entwicklung zu bringen, d. h. nach ihm zur Production eines einzigen Samenkorns, damit die Species nicht ausstirbt. Wir verlangen aber mehr und dies um so dringender, weil die Pflanze, wenn sie reichlich Stickstoff bekommt, auch

mehr Kohlenstoff assimilirt. Wir führen also Stickstoff zu, und eine ziemlich ergiebige Quelle dazu finden wir, wie wir schon oben erwähnten, in den trocknen menschlichen Excrementen, eine sehr reiche Quelle aber in dem Harn von Thieren und Menschen. Aller an Milchsäure gebundene Harnstoff geht in milchsaures Ammoniak, aller freie in kohlensaures über. Im Allgemeinen wird aber nur das milchsaure, phosphorsaure und salzsaure Ammoniak in der Erde bleiben, indem vom kohlensauren ein Theil verdunstet. Es entsteht also die Hauptaufgabe, das kohlensaure Ammoniak zu binden, indem sonst in diesem die Hälfte des Urins verloren geht. Wir erfüllen aber diese Aufgabe durch Gyps, Chlorcalcium, Schwefelsäure, Salzsäure und am besten durch sauren phosphorsauren Kalk, den wir so lange zusetzen, bis die Alkalinität des Harns (der bei der Bildung von kohlensaurem Ammoniak alkalisch, sonst aber sauer ist) verschwindet. Wenn wir den Boden der Ställe und Abtritte, in denen das Ammoniak immer als kohlensaures zugegen ist, mit Gyps bestreuen, so verlieren wir gar kein Ammoniak, und da von den beiden entstehenden Verbindungen keine flüchtig ist, so kann auch kein Geruch da sein.

Die Harnsäure, welche löslich ist, wird in der Form von kleesaurem, kohlensaurem und blausaurem Ammoniak aufgenommen.

Von allen Excrementen ist nun der Harn von Menschen der stickstoffreichste; wie viel auf dessen richtige Behandlung ankommt, sieht man daraus, dass man durch eine richtige Verbindung der Holzasche und der Knochen mit menschlichen Excrementen die Thiere für die Düngung ganz entbehrlich machen kann.

Ein Gut, das keine Wiesen hat, und auch nicht Felder genug für den Anbau von Futtergewächsen besitzt, muss stickstoffhaltigen Dünger von Aussen einführen, wenn man auf demselben ein Maximum von Stickstoffertrag erzielen will.

Die festen Excremente enthalten die unlöslichen, die flüssigen die löslichen phosphorsauren Salze, und ausserdem alles Kali, welches die verzehrten Pflanzen in der Form von organisch-sauren Salzen enthielten.

Es nützen die Excremente also so wohl durch organische als durch anorganische Bestandtheile.

Was nun c) die Knochen betrifft, so nützen diese durch ihren ausserordentlich grossen Gehalt an phosphorsaurem Kalk, dann aber durch ihre Bittererde. Zur Anwendung der Knochen empfehlt LIEBIG als das beste Mittel, dieselben fein gepulvert mit ihrem halben Gewichte Schwefelsäure und 3—4 Theilen Wasser in Digestion zu stellen, den Brei mit etwa 100 Theilen Wasser zu verdünnen und mit dieser sauren Flüssigkeit — phosphorsaurem Kalk und Bittererde — den Acker vor dem Pflügen zu besprengen. In wenig Secunden würde sich die freie Säure mit den Basen des Bodens verbinden, und es müsste dadurch ein höchst fein zertheiltes, neutrales Salz entstehen. Bei Knochenleimfabriken gehen viele Tausend Centner von einer Auflösung phosphorsaurer Salze in Salzsäure verloren; dadurch verliert man auch eine grosse Menge Chlorcalcium, welches den Gyps ersetzt, indem es sich mit kohlensaurem Ammoinak zu Salmiak und kohlensaurem Kalk umsetzt.

B. *Beurtheilung von LIEBIG's Lehre von der Wechselwirthschaft und dem Dünger.*

LIEBIG's Lehre von der Wechselwirthschaft beruht also erstens auf der Excremententheorie (1) von DE CANDOLLE und MACAIRE-PRINCEP, welcher indessen schon die Versuche von BRUGMANS und COULON vorausgingen. Diese Theorie beruht aber auf Thatsachen, die keinesweges mit der Bestimmtheit erwiesen sind, dass sie eine sichere Grundlage für die Praxis bilden könnten, und die Zweifel welche MEYEN, BRACONNOT und BOUSSINGAULT gegen dieselbe aufgeworfen haben, sind völlig begründet. Weder in den Untersuchungen von BRUGMANS, noch in denen von MACAIRE-PRINCEP ist die gehörige Sorgfalt darauf verwendet worden zu erforschen, ob die Wurzelenden der in Wasser gezogenen Pflanzen, an welchen sie jene Excretion wahrgenommen haben, auch unverletzt waren; und MEYEN be-

(1) Es ist zu beachten, dass hier von *organischen* Excretionen durch die Wurzeln die Rede ist. Dass eine Ausscheidung von *anorganischen* Stoffen wahrscheinlich ist, haben wir oben gesehen, und kein Versuch widerlegt diese sehr annehmbare Vermuthung.

merkt ganz richtig (1), dass wenn nur ein Wurzelende verletzt war, die Stoffe der Pflanzen, — besonders der Milchsaft von den Pflanzen, mit welchen die Versuche angestellt waren (Euphorbien), — durch die Wunde ausfliessen mussten. UNGER hat nun mit MEYEN einige Versuche angestellt, durch welche ihre Zweifel entschieden bestätigt wurden. Sie nahmen nur Pflanzen dazu, deren Wurzeln sich im Wasser entwickelt hatten (Lemna-Arten), und waren also gewiss, dass die Wurzelspitzen nicht verletzt waren. MEYEN liess sie in Lösungen von Eisenvitriol und blausaurem Kali, UNGER in Bleizucker und Schwefel-Ammonium wachsen; nachdem nun die Pflänzchen von diesen Stoffen etwas aufgenommen hatten, wurden sie in reines Wasser gebracht, und beide Beobachter haben durchaus keine Ausscheidung gesehen. Durch diese Versuche wird wenigstens ganz deutlich gezeigt, dass die Pflanzen solche aufgenommene Stoffe nicht wieder ausscheiden, die ihrer Gesundheit als Gifte nachtheilig waren. Ebenso hat BRACONNOT (2) bei Euphorbia Peplus, Euphorbia Breoni, Asclepias incarnata, Nerium grandiflorum, Papaver somniferum und anderen keine Ausscheidung wie MACAIRE-PRINCEP gefunden. Er glaubt wie MEYEN, dass dieser seine abweichenden Resultate durch Verletzung der Wurzeln bekam, theilweise aber schreibt er jene Excretion der Wirkung des Wassers und der Gegenwart von Insecten zu: er fand grade an den feinsten Wurzelenden Blattläuse, was zur Genüge beweist, dass diese nicht ganz gesund waren. Zu diesen Einwürfen hat BOUSSINGAULT (3) noch mit Recht hinzugefügt, dass es nicht zu begreifen wäre, warum jene organischen Excremente, wenn sie der Pflanze, welche sie ausgeschieden hat, dadurch schaden, dass sie noch nicht durch Verwesung in Humus übergegangen sind, nicht eben so gut den von jener Pflanze verschiedenen Gewächsen schaden sollten, die doch nach derselben auf demselben Felde gebaut werden können, und so stände denn diese ganze Ansicht von den Excrementen in gar keiner Verbindung mit der Lehre von der Wechselwirth-

---

(1) In seiner Pflanzenphysiologie, Bd. II. S. 528.
(2) Annales de Chimie et de Physique, LXXII. P. 28 und folg.
(3) In den Annales de Chimie et de Physique, 3e Serie, T. I. P. 219.

schaft. Die Erfahrung straft dieselbe auch bei gar zu vielen Pflanzen Lügen. Einige Beispiele hat uns schon BRACONNOT kennen gelehrt, andere sind von BOUSSINGAULT (1) angeführt: so könnten strenge genommen die Cerealien ohne Unterbrechung hinter einander gebaut werden, was auch im dreijährigen Turnus statt finde. Auf den Hochebenen der Anden sind Kornfelder, die seit zwei Jahrhunderten jährlich reichliche Erndten geben. Der Mais wird ebenfalls im südlichen Europa so wie in Peru, und zwar dort schon länger als Amerika entdeckt ist, mit dem besten Erfolge ohne Unterbrechung cultivirt. Ganz auf dieselbe Weise verhält es sich mit den Kartoffeln in Santa Fé, mit dem Zuckerrohr, dem Indigo, dem Topinambur; angenommen dass diese Pflanzen wirklich dem Boden Excremente mittheilten, so wären diese wenigstens für dieselben unschädlich, und der Fruchtwechsel würde durch diese also nicht bedingt. Allein man scheint sich nach den Versuchen von MEYEN, UNGER, BRACONNOT gegen die Excrementenlehre von BRUGMANS, COULON, DE CANDOLLE und MACAIRE-PRINCEP aussprechen zu müssen, wenigstens in so weit sie dieselben einer Ausscheidung durch die Wurzel zuschreiben. Dass nämlich sonst wirkliche Excretionen in den Pflanzen vorkommen d. h. Ausscheidungen von Stoffen, welche nicht assimilirt werden können, das wird durch die bereits besprochene Excretion anorganischer Bestandtheile durch die Wurzel in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, theils aber durch die Ablagerungen solcher Stoffe in besondere Zellen im Inneren der Pflanzen bewiesen, und theils durch solche, welche jene Stoffe nach Aussen befördern; es gehört zu diesen letzteren der ausgehauchte Sauerstoff, so wie überhaupt die Gasarten, welche möglicher Weise von den Pflanzen ausgeathmet werden, dann die Salzkrusten und Salzkristalle (2), welche überhaupt auf den Blättern vorkommen, ganz besonders aber bei Poa thalassica, so wie bei vielen anderen Pflanzen im südlichen Peru und nördlichen Chili, bei uns auf Reaumuria vermiculata, auf den Charen beobachtet sind, die „kristallisirte Zuckersäure?" (Kleesäure?)

---

(1) Ibidem S. 218.
(2) Siehe MEYEN's Pflanzenphysiologie, Bd. II. S. 531.

welche nach MEYEN a. a. O. auf Boletus suberosus gefunden wird, die kohlensaure Kalkablagerung auf den Blättern mehrer Saxifraga-Arten, die Ausschwitzungen von Zucker, Gummi, u. s. w. wie sie besonders in gewissen Krankheitsformen (Honigthau, Mehlthau) auftreten, wobei die Krankheit indess wahrscheinlich nur in einer einseitig zu reichlichen Nahrung besteht, und viele andere Fälle. Es ist nicht die Excretion überhaupt zu läugnen, sondern wie es scheint, nur die bestimmte Form der Wurzelausscheidung organischer Stoffe.

Alles Folgende, was LIEBIG nun an jene Lehre von den Wurzelexcrementen anreiht, behält seinen Werth, wenn man es auf das Laub, welches theils abfällt, theils eingeackert wird, anwendet; in dieser Form mag der Boden, wie wir das oben weitläufiger besprochen haben, mehr Kohlenstoff bekommen, als er abgegeben hatte. Jenes Laub muss humificirt werden, einerlei ob hierbei der letzte Zweck darin besteht Humussäuren oder Kohlensäure zu bilden; wir haben schon gesehen, dass ersteres wahrscheinlich viel häufiger geschieht, letzteres aber durchaus nicht ausgeschlossen ist. Um aber diese Humificirung zu bewirken, ist Fäulniss und Verwesung nöthig; es muss also der Luft freier Zutritt gewährt werden. Sehr richtig erklärt hier LIEBIG die Wirkung des Kalks, der als ein poröser Körper die Luft anziehen, und durch seine chemische Eigenschaft als Basis die Bildung der Säuren praedisponiren soll. MULDER hat uns gelehrt, dass er in der Verbindung mit Humin- und Ulminsäure ein lösliches Salz darstellt und demnach assimilationsfähig ist. Ebenso leicht erklärt sich also wie der schwere Thon- und Lehmboden vermöge seiner physikalischen Eigenschaften auf die Humificirung hemmend einwirkt. Als Beispiele dieser langsamen Humificirung führt hier LIEBIG besonders Lein, Erbsen und Klee an, indem er sich auf seine Excremententheorie stützt; bei dem letzern soll es nach SPRENGEL eigentlich der Mangel an phosphorsaurem und schwefelsaurem Kalk, phosphorsaurer Bittererde, Kali und Kochsalz sein, der die Ernährung hindert; durch die Zufuhr dieser wäre also nachzuhelfen. Wenn also der Thon- und Lehmboden nicht auf die Humificirung der Excremente einen störenden Einfluss ausübt, so ist es doch wie gesagt sehr leicht denkbar, wie dies für die Humificirung der Blätter oder

der eingegrabenen Stoppeln der Fall sein kann. Wie dieser Verwesungsprozess durch Ueberschwemmungen beschleunigt werden kann, erklärt sich auch ganz von selbst, wenn man mit LIEBIG bedenkt, dass mit dem Wasser frische Luft zugeführt wird, die also den nöthigen Sauerstoff liefert. LIEBIG bemerkt hierbei, dass wir an sumpfigen Wiesen sehen, dass es nicht bloss das Wasser als solches ist, das die Fruchtbarkeit bedingt; wir müssen ihm darin durchaus beipflichten, denn sumpfige Wiesen sind bekanntlich nicht die fruchtbarsten.

Was nun etwas weiter von der Schädlichkeit der Wurzelexcremente so lange sie löslich sind, gesagt wird, so wie die Erklärung der kahlen Plätze, welche durch diese entstehen sollen, so versteht es sich von selbst, dass dies sogleich mit der ganzen Lehre über die Wurzelausscheidung organischer Stoffe fallen muss. Es geht aber aus allem diesem hervor, dass die Idee LIEBIG's über die Humuserzeugung, als eine Hauptaufgabe der Wechselwirthschaft, nicht haltbar ist; es kann diese nur theilweise den Nutzen der Brache erklären, indem nämlich die dem Boden einverleibten Stoppeln in der Zeit der Brache allmälig verwesen, was nicht nur der Pflanze selbst, von welcher sie herrühren, sondern auch jeder anderen zu Gute kommt.

Indessen wird, wie die Erfahrung gelehrt hat, die Zeit der Brache sehr glücklich mit Brachfrüchten ausgefüllt, welche man durch Umackern als vegetabilischen Dünger benutzt. Sehr werthvoll für die Cultur ist hier die allgemeine Bemerkung LIEBIG's, dass zu diesen Brach- oder Vorfrüchten diejenigen sich am besten eignen, welche zugleich den Thieren als Futter dienen; so kann man den Klee zweimal schneiden, ehe er durch Umackern unter die Erde gebracht wird. Es gesellt sich hierzu nun noch ein physikalischer Nutzen der Brachfrüchte, den LIEBIG sehr richtig darin sucht, dass sie den Boden so zu sagen mit einer Haube überziehen und dadurch die Verflüchtigung gewisser Substanzen besonders des Ammoniaks verhindern. Auch HLUBECK hat dies schärfer hervorgehoben, indem er überhaupt darauf ausging die physikalischen Bedingungen der Fruchtbarkeit zu beleuchten. Die zweite Basis der Wechselwirthschaft, welche LIEBIG angiebt (1), ist ganz unumstösslich. Sie

(1) Sie ist eigentlich hier bei ihm mehr angedeutet als ausgeführt, weil er sie schon im

besteht nach ihm darin, dass verschiedene Pflanzen auch verschiedener anorganischer Bestandtheile bedürfen. Die eine kann also recht gut wachsen, wenn die andere nicht mehr gedeiht, weil letztere die ihr nöthigen Bestandtheile schon in zu grosser Menge aus dem Boden geschöpft hat. Diese gedeiht erst wieder wenn eine neue Menge der zu ihrer Erhaltung nöthigen und ihr eigenthümlichen anorganischen Bestandtheile aufgeschlossen ist. Beiläufig gesagt widersprechen also auch die Erfahrungen, welche uns zur Wechselwirthschaft gebracht haben, der Lehre einer absoluten Stellvertretung. Ueber die Verhältnisse, die nun hier bei einzelnen Pflanzen auftreten, herrscht noch sehr viel Dunkelheit oder doch Ungewissheit, da es uns noch gar sehr an genauen Analysen vieler Pflanzengattungen fehlt. So widerspricht hier die Analyse SPRENGEL's gleich dem Beispiel LIEBIG's, das wir oben in der Auseinandersetzung seiner Ideen über die Wechselwirthschaft mitgetheilt haben. Nach diesem sollten die Leguminosen deshalb nach Weizen gebaut werden können, weil sie weniger Kali als der Weizen brauchten; nach SPRENGEL verhält es sich aber grade umgekehrt, und auch nach DAVY's Agriculturchemie S. 131 soll der Weizen weniger Kali als die Leguminosen enthalten. KLUBECK giebt deshalb eine andere Erklärung dafür, dass die Cerealien nach Hülsenfrüchten gedeihen; er sucht die Gründe dafür in den grösseren Rückständen der Hülsenfrüchte, in der Unterdrückung der Unkräuter, der Mürberhaltung des Bodens, so wie in der Verhinderung der Verflüchtigung der nährenden Substanzen. Ueberhaupt hat KLUBECK den Fruchtwechsel vielseitiger betrachtet. Er macht sehr richtig darauf aufmerksam, dass man bei den Pflanzen, die man in einen Turnus aufnimmt, auf den Umfang der Krone und die Stärke der Bewurzelung sehen soll. Sehr wichtig ist sein Rath, nach einer starken Dün-

---

Kapitel über die Cultur eines Breiteren erörtert hatte. Wir werden also auch da erst weiter unten auf diesen Gegenstand zurückkommen, um die Ordnung nicht allzusehr zu verändern, wodurch die Uebersicht erschwert würde. Eine Kritik muss sich so viel wie möglich an den zu kritisirenden Text halten. Die Wiederholung, die wir so häufig bei LIEBIG treffen, zeigt nicht undeutlich, dass sein Buch wohl einer schärferen logischen Disposition bedurft hätte. Es ist Schade, dass das Genie oft die Fesseln der Schule so ganz verschmäht. In wissenschaftlichen Erörterungen sollte es sich das nicht erlauben!

gung nur solche Pflanzen zu bauen, deren Ertrag, besonders was den Stickstoffgehalt betrifft, mit der Stärke der Düngung im innigsten Zusammenhang steht, damit sie nicht von Brand und ähnlichen Uebeln befallen werden. Ebenso ist es eine beachtenswerthe Bemerkung wenn er sagt, man solle zwischen nicht beschattende Früchte beschattende einschalten, damit durch die zu starke Verdünstung der Boden nicht verhärte und damit dem Ueberhandnehmen des Unkrauts gesteuert werde.

In dem Theil dieses Kapitels, der vom Dünger handelt, trennt LIEBIG gleich scharf zwischen festen und flüssigen Excrementen, nachdem er vorher den Begriff des Düngers ganz einfach erläutert hat. Jedes thierische Gebilde verdankt seinen Ursprung Pflanzenstoffen, und muss also umgekehrt wieder Pflanzen zur Nahrung dienen können, es muss dem Boden diejenigen eigenthümlichen Bestandtheile wieder ersetzen können, welche wir diesem in den Erndten genommen haben.

Der Unterschied, der sich also auf der Stelle zwischen festen und flüssigen Excrementen herausstellt, ist der, dass jene besonders durch ihren Gehalt an anorganischen Bestandtheilen und an vegetabilischer Materie, diese dagegen durch ihren Gehalt an Stickstoff ausgezeichnet sind.

Wir wollen nun wie in dem Auszuge des LIEBIG'SCHEN Textes zuerst a) die festen Excremente betrachten.

Bei den festen Excrementen ergiebt nun die Analyse eine so grosse procentische Menge von anorganischen Bestandtheilen, dass hiergegen allerdings wie LIEBIG angiebt, die Menge der vegetabilischen Materie bedeutend in den Hintergrund tritt, wenn man bedenkt, dass durch das Regenwasser allein mehr Kohlenstoff auf die Felder kommt, als in der Form jener vegetabilischen Materie. Indessen ist diese Materie keinenfalls zu vernachlässigen, wenn man erwägt, dass nach LIEBIG's eigenem Zeugnisse (S. 160) in 1000 ℔ trockenem d. h. wasserfreiem Pferdekoth 730 ℔ bis 900 ℔ vegetabilischer Materie enthalten sind.

Höchst wichtig sind nun die Angaben der verschiedenen anorganischen Bestandtheile, welche in den verschiedenen Düngersorten enthalten sind. Die Wichtigkeit dieser anorganischen Bestandtheile muss uns besonders einleuch-

ten, wenn wir sehen wie kieselsaures Kali und phosphorsaure Bittererde grade so reichlich in denselben vorkommen, also grade die Salze, die z. B. in den Cerealien und in den Gramineën überhaupt eine so bedeutende Rolle spielen. Ihre Wirkung kann demnach nicht zweifelhaft sein, und wir müssen in derselben mit LIEBIG die vollständig rationelle Erklärung für jenen Erfahrungssatz finden, dass man, um einen möglichst hohen Ertrag gewinnen zu können, in Deutschland durchschnittlich zu hundert Morgen Getreideland zwanzig Morgen Wiesen rechnet. Es liefern diese im Durchschnitt 500 Centner Heu als Nahrung für das Vieh, und von diesem erhält man nach LIEBIG in den Excrementen wieder 341 ℔ kieselsaures Kali, phosphorsauren Kalk und Bittererde, also wie gesagt grade die Salze, welche den Cerealien unentbehrlich sind. Es muss natürlich den Wiesen ersetzt werden, was ihnen genommen wurde, und dazu helfen nun wieder die Waldungen. Man bestreut die Wiesen mit Holzasche, die, wie wir schon oben erfahren haben, neben phosphorsauren Salzen, das kieselsaure Kali grade in dem Verhältnisse enthält, wie es sich im Stroh vorfindet, d. h. nach der Formel $KO + 10SiO^3$. Und so findet also zwischen der Viehzucht, der Cultur der Aecker und der Wiesen eine sich im Kreise bewegende Wechselwirkung statt.

Wir kommen jetzt b) zur Betrachtung der flüssigen Excremente insofern sie eine Hauptquelle für den Stickstoff sind. Wir stimmen hier durchaus nicht mit LIEBIG's Begriff der normalen Entwicklung überein, wenn er sagt, zu dieser bekäme die Pflanze Stickstoff genug im Ammoniak des Regenwassers (atmosphärischen Wassers), indem er diese in so engen Grenzen gehalten wissen will, dass er sagt es würde der normalen Entwicklung durch Bildung eines einzigen Samenkorns genügt. Zum Begriff einer normalen Entwicklung bei einem Pflanzen- oder Thier-Organismus scheint mir die Vermehrung ein nothwendiges Attribut. Ich begnüge mich indess damit, dies hier angedeutet zu haben, um einen unfruchtbaren Streit zu vermeiden, der mich von meinem Plane eine strenge Objectivität zu bewahren entfernen könnte. Für das Object der Untersuchung aber ist es gleichgültig, wie wir den Begriff der normalen Entwicklung bestimmen; ich stecke seine Grenzen weiter. — LIEBIG ist im Fortgange von der ganz richtigen Idee geleitet, dass wir mehr als jene seine

normale Entwicklung wollen, und sagt wir bedürften dazu des Stickstoffs der flüssigen Excremente. So wie nun unter den trocknen Excrementen die des Menschen die einzigen waren, deren Stickstoffgehalt von Einfluss war, so sind es hier wiederum die flüssigen Excremente des Menschen, welche unter allen den ersten Rang einnehmen, was sich ganz einfach daraus erklärt, dass durch die verfeinerte Cultur der Mensch bedeutend mehr Nahrung zu sich nimmt als er assimilirt; das nicht Assimilirte wird also natürlich wieder ausgeschieden. Von grossem Interesse sind die practischen Regeln, welche LIEBIG in diesem Kapitel für die Ausbeutung der flüssigen Excremente giebt; sie reduciren sich auf seine Erklärung von der Wirkung des Gypses, die wir schon oben kennen lernten. Wir bekommen nämlich als letztes Product der flüssigen Excremente das Ammoniak in zwei Formen, einmal als milchsaures, kleesaures, blausaures (aus der Harnsäure), phosphorsaures und salzsaures, dann aber auch als kohlensaures, und dies letztere verflüchtigt sich so leicht, dass es durch künstliche Mittel gebunden werden muss. Als diese kennen wir schon den Gyps, Schwefelsäure, Salzsäure; LIEBIG empfiehlt hier aber besonders den phosphorsauren Kalk, den man so lange zusetzen solle, bis die alkalische Reaction des Harns aufhört. Durch sorgfältige Beachtung dieser Maassregeln würde man allerdings die Fruchtbarkeit der Felder bedeutend vermehren, und dies um so mehr als die Assimilation des Kohlenstoffs von der des Stickstoffs durchaus abhängig ist, wovon auch im Kapitel über die Cultur gehandelt werden soll. Aehnliche Grundsätze wie bei der Behandlung der flüssigen Excremente sind auch bei der der trockenen zu befolgen; LIEBIG tadelt ganz mit Recht den verkehrten Weg, den man hierbei so lange einschlug, indem man sie bald an der Luft trocknen liess, so dass sich das kohlensaure Ammoniak, so wie der Schwefelwasserstoff und das Schwefelammonium, das sich durch Zersetzung der schwefelsauren Salze bildet, verflüchtigte, bald dieselben mit Holzasche oder mit Erde, die viel Aetzkalk enthält, vermengte, wodurch alles Ammoniak ausgetrieben wird.

Ganz interessant ist zuletzt noch die Vergleichung zwischen den phosphorsauren Salzen der festen und der flüssigen Excremente, nach welcher sich herausstellt, dass die ersteren die unlöslichen, die letzteren dagegen die löslichen enthalten.

Unter c) ist nun noch ganz richtig die Wichtigkeit der Knochen angegeben. Das oben angegebene Verfahren zu ihrer Benutzung scheint indessen nicht genug Schwefelsäure anzuwenden, damit neutrale Salze gebildet werden.

Für den Oekonomen giebt LIEBIG noch eine sehr zu beherzigende Bemerkung, wenn er ihm räth, sich die grosse Quantität von phosphorsauren Salzen, welche in Knochenleimfabriken in Salzsäure gelöst, verloren geht, zu Nutzen zu machen.

Als empirische Wahrheiten stellen sich zum Schlusse dieses Kapitels folgende drei Hauptsätze heraus:

1°) dass der chemische Grund, der allein Sicherheit hat für die Erklärung der Wechselwirthschaft, der ist, dass die eine Pflanze diese, die andere jene organischen Bestandtheile dem Boden entzieht; es kann also dieselbe erst dann wieder gebaut werden wenn eine neue Menge der ihr nöthigen Bestandtheile aufgeschlossen ist, was also theils durch eine richtige Aufeinanderfolge im Turnus, theils durch die Brache erreicht wird. Die Wurzelausscheidung hat selbst durchaus keine sichere Grundlage, kann also hier nichts zur Erklärung beitragen. Dagegen mag MOHL Recht haben, wenn er den Stoppeln der Pflanze auf diese selbst, wenn sie wieder gebaut würde einen schädlichen Einfluss zuschreibt. Man hat allerdings Grund zu vermuthen, dass etwas Aehnliches Statt haben muss, da auch durch reichliche Düngung der Boden nicht für dasselbe Gewächs wieder fruchtbar gemacht wird. Es muss dem Boden also nicht bloss etwas genommen, sondern auch etwas einer bestimmten Pflanze positiv Schädliches gegeben werden. Und dieser Umstand zeigt, dass die empirischen Regeln für die Wechselwirthschaft noch keineswegs vollständig erklärt sind.

2°) dass die trockenen thierischen Excremente vorzugsweise durch ihre anorganischen Bestandtheile, nebenbei aber auch durch ihren Gehalt an vegetabilischer Materie wirken. Die festen menschlichen Excremente nützen dagegen auch durch ihren Stickstoffgehalt.

3°) dass die flüssigen Excremente durch ihre reichliche Stickstoffmenge, in der Form von Ammoniaksalzen, ausserordentlich vortheilhaft sind, unter der Bedingung, dass man das sich so leicht verflüchtigende kohlensaure Ammoniak durch Gyps, phosphorsauren Kalk und ähnliche Mittel binde.

Die Vermehrung der Excremente ist also von der höchsten Wichtigkeit, weshalb auf eine bestimmte Quadratfläche Getreideland auch eine Quadratfläche an Wiesen in einem günstigen Verhältnisse nöthig ist.

Da die Knochen nur durch ihre anorganischen Bestandtheile wirken, so kann man sie hier den festen Excrementen parallelisiren; ihre Wirkungsweise ist also unter a°) bereits mit angegeben.

Nachtrag zu vorstehendem Kapitel von der Wechselwirthschaft und dem Dünger.

Es hat sich dieses Kapitel besonders in der Form bedeutend geändert, insofern es in drei Kapitel: von der Brache, von der Wechselwirthschaft und dem Dünger zerfallen ist, die alle drei weiter ausgeführt und mit interessanten Zusätzen vermehrt sind.

Was zuerst die Brache betrifft, so ist hier der Nutzen der mechanischen Bearbeitung des Bodens, als ein die Verwitterung, die Aufschliessung der Alkalien fördernder, schärfer und erschöpfender auseinandergesetzt. Ueberhaupt sind in der fünften Ausgabe die physikalischen Bedingungen der Fruchtbarkeit viel genauer berücksichtigt, und zum Schlusse des Kapitels über die Brache wird der mechanischen Analyse des Bodens gewiss mit Recht eine eben so grosse Wichtigkeit wie der chemischen zugeschrieben. Mehr oder weniger gehört dahin auch das Brennen des Thons, welches so mächtig dazu hilft, denselben aufzuschliessen, indem dadurch der Zutritt der Luft, des Sauerstoffs und der Kohlensäure zum Thon bedeutend erleichtert wird. Man merkt dies besonders an den gebrannten Ziegeln, mit welchen z. B. in Flandern die Gebäude aufgeführt sind, an welchen kohlensaure und schwefelsaure Alkalien in sehr reichlicher Menge auswittern. Auf den günstigen Einfluss, den der Kalk auf die Aufschliessung des Thons hat, war in den älteren Ausgaben, wie wir schon früher sahen, bereits aufmerksam gemacht; ganz interessant ist hier die in der fünften Ausgabe gemachte Mittheilung, dass da besonders

jene Auswitterungen an den aus Ziegelsteinen gebauten Häusern auftreten, wo der Mörtel den Stein berührt.

Das zweite Kapitel handelt also von der Wechselwirthschaft, und hier verdient es wohl ganz besonders hervorgehoben zu werden, dass LIEBIG dieselbe jetzt nicht mehr geradezu auf die Excremententheorie basirt, obgleich er diese deshalb keineswegs fallen lässt. Die Erklärung, welche aus den verschiedenen anorganischen Bestandtheilen, deren die Pflanzen bedürfen, hergeleitet ist, haben wir zur Genüge kennen gelernt, und dieselbe ist in der fünften Ausgabe sehr richtig als die sicherste Grundlage der ganzen Theorie der Wechselwirthschaft betrachtet. Nur fehlt uns jetzt noch ein Moment, weil die Pflanze nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen, nicht bloss dadurch, dass sie dem Boden gewisse Stoffe entzieht, sondern auch dadurch, dass sie demselben schädliche Stoffe mittheilt, die Wechselwirthschaft nöthig macht. In Betreff dieser Sache müssen wir auf die im Kapitel selbst gegebene Auseinandersetzung verweisen; es ist hier der Forschung noch ein weites Feld geöffnet. Die Ansicht, dass die Rinde ein Excrement sei, findet sich jetzt auch in der Lehre von der Wechselwirthschaft; da dieselbe schon früher in LIEBIG's Annalen mitgetheilt war, konnte dieselbe schon vor dem Erscheinen der fünften Ausgabe ihre Besprechung finden. Ebenso verhält es sich mit der Eintheilung in Kalk-, Kali- und Kieselpflanzen (welche wir weiter unten bei der Beurtheilung der Lehre über die Cultur besprochen haben, und deren Mängel LIEBIG selbst genügend hervorgehoben hat) und mit der Erklärung der Entstehung von Stärke aus organischen Säuren, und dieser aus der Kohlensäure durch Aufnahme von Wasser und Austreten von Sauerstoff, welche wir bei der Behandlung des Wasserstoffs angegeben und näher geprüft haben.

Eine wesentliche Bereicherung in diesem Kapitel ist es — und es zieht sich diese mehr oder weniger durch die ganze fünfte Ausgabe — dass die Beziehungen der Agricultur zur thierischen Ernährung schärfer hervorgehoben sind. Zum Beleg dafür brauche ich hier nur anzuführen, dass LIEBIG die Wichtigheit der phosphorsauren Salze und der Alkalien, die wir von einer anderen Seite, nämlich in Beziehung auf das Gedeihen der Pflanzen selbst,

schon kennen lernten, hier auch für die Thiere näher beleuchtet hat, insofern die Bildung der Blutbestandtheile in den Pflanzen von diesen abhängig gemacht wird. Wir finden hier allerdings die herrlichsten Fingerzeige für eine rationelle Behandlung des Bodens.

Im Kapitel über den Dünger, welches das letzte geworden ist, finden sich in den Principien keine Neuerungen. Auf S. 241 finden sich nur auch hier bedeutende Zahlenänderungen. — Es ist besonders die Rede von dem verschiedenen Dünger, welchen man um verschiedene Produkte zu erzielen, dem Boden zuzuführen hat: es wird hier also die Aufmerksamkeit noch einmal auf die phosphorsauren Salze als wichtig für die Blutbildung gelenkt, für die Alkalien aber noch ihr besonderer Nutzen zur Bildung stickstofffreier Bestandtheile angegeben, und so besonders ihre Wichtigkeit für die Fabrikation des Alkohols hervorgehoben.

KAPITEL VI.

DIE CULTUR.

A. LIEBIG's *Lehre über die Cultur.*

LIEBIG unterwirft hier die drei Stoffe, auf welche die Cultur einen besonderen Einfluss hat, 1° den Kohlenstoff, 2° den Stickstoff, und 3° die anorganischen Bestandtheile einer wiederholten Prüfung.

1° *Kohlenstoff.*

Die Cultur kann hier nur durch Humus nützen.

Der Humus aber nützt nur, wenn er durch Verwesung in Kohlensäure übergeht. Er löst sich auch nur in Wasser, wenn diese Metamorphose vor sich gegangen ist. Wenn er als Humus löslich wäre, — wäre die Löslichkeit auch noch geringer, als die der Humussäure, — dann würde das Regenwasser den Boden daran ärmer machen. Dass er aber in der Form nicht löslich ist, ja dass er in der Form der Humussäure der Chemiker in der Dammerde gar nicht besteht, geht nach LIEBIG daraus hervor, dass in den Tropfsteinhöhlen in Franken — bei Baireuth und Streitberg — Humus, Kalk und Wasser zusammen sind, und dennoch nicht humussaurer sondern kohlensaurer Kalk gebildet wird.

Der Humus muss also durch Verwesung in Kohlensäure übergehen, diese Verwesung schreitet aber nur dann fort, wenn die gebildete Kohlensäure jedesmal durch die Pflanzen weggenommen wird, so dass die Luft immer wie-

der ungestört einwirken kann. Darum nützt nur der humificirte Dünger, d. h. der welcher die Eigenschaft verloren hat, das Wasser zu färben. Die braune Farbe des Wassers beweist nämlich, dass nicht Sauerstoff genug vorhanden ist, um die vollständige Verwesung zu bewirken. Denn an der Luft, wo der Sauerstoff freien Zutritt hat, entfärben sich die Lösungen, und es schlägt sich ein schwarzer kohlenähnlicher Körper, die sogenannte Humuskohle, nieder, die unfruchtbar ist. Aus demselben Grunde ist das Wechseln des Wassers auf sumpfigem Boden nützlich, weil dadurch neue Luft zugeführt wird; Pflanzen und Thiere in einem Boden, zu dem die Luft nur wenig Zutritt hat, gehen nur in Fäulniss, nicht in Verwesung über.

Der Humus nun aber nützt der Pflanze, wie wir schon früher sahen, wenn sie noch keine Organe hat, um aus der Atmosphäre Nahrung zu gewinnen. Enthält nun der Samen selbst Nahrung genug für diese erste Periode der Entwickelung, so bedarf die Pflanze des Humus nicht; ist er aber vorhanden, so fördert er die Entwickelung. Er kann aber auch schädlich sein, wenn die Pflanze im Anfang aus dem Boden zu viel Nahrung bekommt, indem sie dann oft so viel Blätter und Triebe producirt, dass diese aus der Luft nicht hinlänglich mit Nahrung versehen werden können; in solchen Fällen gelangt die Pflanze nicht zur Blüthe und also nicht zur Fruchtbildung. Darin hat das Beschneiden des Zwergobstes und des Weinstocks seinen Grund.

Die Thätigkeit der Blätter dauert in den perennirenden Gewächsen bis zum Winter. Von August an bilden sie aber kein Holz mehr, sondern Nahrungsstoff für den künftigen Winter (Amylum), der in der Sève d'Août durch die ganze Pflanze verbreitet wird. An diesem Amylum ist besonders die Rinde mancher Fichten und Espen sehr reich, so dass man zu Zeiten der Noth in Schweden aus Fichtenrinde Brod gebacken hat. Durch einen sehr frühen Winter oder raschen Temperaturwechsel wird oft die Erzeugung dieser Vorräthe gehemmt. Aus dem Amylum wird im Frühjahr Zucker und Gummi. Mit der Entwicklung der jungen Kartoffelpflanze nimmt der Amylumgehalt der Wurzel ab; der Ahornsaft verliert seinen Zuckergehalt mit der Ausbildung der Knospen, der Blüthen und der Blätter. Beim Blühen des Zuckerrohrs verschwindet ein Theil des gebildeten Zuckers. In der Wurzel der Runkel-

rübe häuft sich derselbe erst an mit vollendeter Blattbildung. Die Function der Blätter wird gestört, wenn wir der Pflanze Holzfaser, Stärke und Zucker zuführen.

2°. *Stickstoff und dessen Verhältnisse zum Kohlenstoff.*

Die einjährige Pflanze häuft den Nahrungs-Vorrath — Eiweiss, Stärke, Gummi — im Samen auf. Beim Keimen verwandelt sich diese Stärke in Zucker; der Kleber nimmt auch eine eigene Modification an: beide werden löslich, d. h. sie können einer jeden Bewegung folgen.

Der Diastase, die sich beim Akt der beginnenden Vegetation erzeugt, schreibt man diese Umwandlung der Stärke in Zucker zu, aber durch Kleber allein kann wenigstens in längerer Zeit ihre Wirkungsweise ersetzt werden. Auf ähnliche Weise geht dieselbe Umwandlung im Ahornsaft vor sich.

Zur Zersetzung der Kohlensäure ist kein Stickstoff nöthig, wohl aber zur Assimilation und zur Metamorphose der durch jene Zersetzung entstandenen Produkte. So ist die stickstofffreie Materie in den Pflanzen immer von einer stickstoffhaltigen begleitet. Wenn zwischen beiden nicht das richtige Verhältniss obwaltet, so wird der Ueberfluss von der einen Substanz nicht verwendet, sondern ausgeschieden. Daher rühren auf der einen Seite Ausschwitzungen von Gummi, Zucker (Honigthau), Mannit, Oel, Wachs, Harz, Amylum, u. s. w. auf der andern Seite Ammoniaksalze im Safte, z. B. bei den Runkelrüben, wenn sie sehr stickstoffreichen Dünger bekommen, oder der Blätter beraubt werden.

3°. *Anorganische Bestandtheile.*

Der Thon, welcher von der Verwitterung Thonerdehaltiger Mineralien herrührt, ist ein nie fehlender Bestandtheil eines fruchtbaren Bodens, weil er immer Kali und Natron hält. Die Thonerde wird selbst nur höchst selten in der Pflanzenasche gefunden; sie nützt indirect, weil sie Wasser und Ammoniak anzieht. Der Boden enthält ein Maximum von Fruchtbarkeit, wenn der

Thon mit andern verwitterten Gesteinen, mit Kalk und Sand in einem solVerhältnisse gemengt ist, dass er der Luft und der Feuchtigkeit bis zu einem gewissen Grade leichten Eingang verschafft.

Dass ein alkalihaltiger Boden die Bedingungen zur Fruchtbarkeit ohne hinzutretenden Humus enthält, beweist das vortreffliche Gedeihen der Pflanzen in der verwitterten Lava, welche den Vesuv umgiebt; es ist in derselben keine Spur von vegetabilischer Materie vorhanden.

Die Natur hat viele Mittel diese Alkalien dort, wo sie nöthig sind, zu erhalten. So lernen wir aus der Zusammensetzung des Flusswassers, dass dasjenige an alkalischen Salzen, was durch die Flüsse dem Meere zufliesst, durch Regen und Seewinde dem Lande wieder zugebracht wird; denn auch in den weichsten Wässern fehlt der Kochsalzgehalt niemals.

So scheiden nach BECQUEREL die Samen der Gramineen, Leguminosen, Cruciferen, Chicoraceen, Umbelliferen, Corniferen, Cucurbitaceen beim Keimen Essigsäure aus. Diese Essigsäure vertheilt sich im Boden und sättigt sich mit Basen; sie führt alsdann den Pflanzen Alkalien, Kalk und Bittererde zu. Die Alkalihaltigen Gebirgsarten werden nach STRUVE durch kohlensäurehaltiges Wasser zerlegt.

Die Alkalien sind weit wichtiger als der Humus; dem Verschwinden dieses hat man oft fälschlich zugeschrieben, was nur von der Entziehung jener herrührte. So sind die Umgebungen Neapels, obgleich sie nie gedüngt werden, sehr fruchtbar, weil man sie nur von drei zu drei Jahren bebaut. In der Zwischenzeit werden durch den Einfluss der Witterung die Alkalien wieder aufgeschlossen. Der Nutzen der Brache liegt also in der Verwitterung, und dieser wird gesteigert, wenn man während der Zeit gewisse Pflanzen, die sich dazu eignen, als Brachfrüchte baut. Solche Brachfrüchte sind Vicia Faba, Pisum sativum, Phaseolus vulgaris, Medicago sativa, Ervum Lens, Polygonum Fagopyrum, weil sie dem Boden keine Alkalien sondern nur eine verschwindende Menge von phosphorsauren Salzen entziehen. Wenn dagegen zwei Pflanzen beide Alkalien consumiren, wie z. B. Wermuth und Weizen, dann gedeihen sie nicht nach einander. Pflanzen, die weniger Alkalien brauchen, lassen sich auch häufiger ohne dazwischenkommende Brache bauen; so lässt sich auf einem Felde, das nur eine Erndte Weizen liefert,

zweimal Gerste und dreimal Hafer bauen. Matricaria Chamomilla, Spartium Scoparium, Erigeron acre u. s. w. hindern das Aufkommen des Getreides, weil ihre Asche viel kohlensaures Kali enthält.

Die Alkalien reichen aber allein nicht hin, um das Leben der Pflanzen zu erhalten: man findet in jeder Pflanze auch phosphorsaure Bittererde und in vielen noch Kochsalz, kieselsaures und salpetersaures Kali, Chlorcalcium, die zum Theil die gewöhnlichen Alkalien ersetzen, zum Theil aber auch für sich nöthig sind.

Bisweilen enthält der pflanzliche Organismus auch wohl geringe Mengen von Kupferoxyd und Fluormetallen, allein es lässt sich nicht behaupten, dass diese Bestandtheile der Pflanze nothwendig sind.

Wenn nun eine Pflanze keine oder doch wenig phosphorsaure Salze braucht, wie der Taback, während diese einer andern, dem Weizen z. B. nicht fehlen dürfen, so gedeihen diese gut neben einander, wenn der Boden den übrigen Bedingungen genügt, welche zur Existenz beider nöthig sind, hier also wenn der Boden kalireich ist. Das kieselsaure Kali giebt dem Halme Festigkeit; fehlt es wie z. B. in dem humusreichen Boden vieler Gegenden Brasiliens, und in reiner Holzerde bei uns, so wird kein Weizen producirt, weil der Halm sich frühzeitig umlegt. Der Humus allein kann also dem Boden die Fähigkeit nicht geben, Getreide zu erzeugen.

B. *Beurtheilung von* LIEBIG's *Lehre über die Cultur.*

LIEBIG eröffnet sein Kapitel über die Cultur 1° mit der Betrachtung des Kohlenstoffs, und recapitulirt dabei seine Ansichten vom Humus. Es ist also hier gleich wieder der Satz ausgesprochen, dass der Humus nur nütze, wenn er durch Verwesung in Kohlensäure übergegangen ist. Wir haben oben bei der Lehre vom Humus gesehen, dass diese Behauptung dahin beschränkt werden muss, dass die Humussubstanzen, wenn die Luft sehr leichten Zugang hat, verwesen und zu Kohlensäure werden können, welche den Pflanzen zu Gute kommt, vorausgesetzt dass sie von Basen gebunden wird und auf diese Weise im Bereiche der Wurzeln bleibt. Denn das was LIEBIG von dem Humus

sagt, dass er nämlich, wenn er auch noch weniger löslich wäre als die Humussäure, durch das Regenwasser fortgespült werden würde, das gilt auch von der Kohlensäure, wenn sie nicht fixirt ist, eben so gut; die löslichen Humussäuren werden aber grade wie die Kohlensäure, und sogar noch leichter als diese von den alkalischen Basen gebunden, und der Theil dieser Salze, der sich anfangs in die Tiefe zieht, kann sich durch Capillarität wieder erheben. Der Schluss aber, den LIEBIG gegen die Löslichkeit oder selbst gegen die Existenz der Humussäure in der Dammerde zieht, aus dem Umstande dass in den Tropfsteinhöhlen in Franken Humus, Kalk, und Wasser zusammen sind, und doch kein humussaurer Kalk sondern kohlensaurer Kalk gebildet wird, ist nicht statthaft. Da die Existenz der Humussäuren in der Dammerde von MULDER und HERMANN nachgewiesen ist, so darf man aus einem solchen Factum gewiss nicht schliessen, dass die Humussäuren nicht existiren, sondern man hat die Gründe zu erforschen, weshalb unter scheinbar so günstigen Bedingungen dennoch kein humussaures Salz gebildet wird. Und es scheint hier eine Ursache ziemlich auf der Hand zu liegen. Der poröse Kalk zieht die Luft an, bindet dadurch also mehr Sauerstoff, und so ist es denkbar, dass die Verwesung so weit erleichtert wird, dass aus der Huminsäure, der Ulminsäure, u. s. w. gleich Kohlensäure gebildet wird. Ebenso wäre noch zu erforschen, ob nicht in jenen Tropfsteinhöhlen noch andere Bedingungen zugegen sind, welche die Verwesung beschläunigen. Es ist nun ganz richtig, wenn LIEBIG weiter sagt, dieser Verwesungsprozess könne nur dann ungestört fortschreiten, wenn die schon gebildete Kohlensäure von der Pflanze weggenommen wird, weil dadurch die Luft, welche vorher durch die Kohlensäure abgehalten wurde von Neuem zutreten kann. Unrichtig ist es aber wie gesagt, wenn LIEBIG auf diese Form die Wirkung des Humus beschränkt, welche vielmehr die seltenere sein muss, da der Boden selten so locker ist, dass so viel Sauerstoff zu den Humussubstanzen hinzukommen kann, dass sie in vollständige Verwesung übergehen. Deshalb bleibt aber das wahr, dass die Fruchtbarkeit einer Humuslösung erhöht wird, wenn die Humuskohle (Humin und Ulmin), welche vorhin an Säuren gebunden gelöst oder doch in Suspension gehalten sein mochte, niedergeschlagen wird, oder was noch besser ist

durch Aufnahme von Sauerstoff im ersten Stadium der Verwesung zur löslichen Humin- und Ulminsäure wird, wodurch die braune Farbe in einem gewissen Grade abnehmen wird.

Aus diesem Grunde stimmen wir ganz mit LIEBIG überein, wenn er die Erneuerung des Wassers deshalb für günstig hält, weil dadurch frische Luft (Sauerstoff) zugeführt wird. Der Sauerstoff ist eine unerlässlich nothwendige Bedingung für das Pflanzenleben; wir ersehen dies aus dem Beispeil von Salzhausen, welches LIEBIG anführt, aus welchem ganz bestimmt hervorgeht, dass dort wo die Kohlensäure alle Luft verdrängt, kein Gras gedeihen kann (vgl. LIEBIG S. 111). Beiläufig gesagt sieht man deutlich aus jener Stelle, dass LIEBIG recht gut den wichtigen Einfluss des Sauerstoffs auf die Vegetation kannte und gelten lässt.

Es kehrt hier nun auch die unrichtige Ansicht von der Wirkung des Humus bevor die Blätter entwickelt sind wieder. Wir brauchen darauf also jetzt nicht mehr einzugehen, wir müssen uns aber hier mit MOHL gegen die Ansicht von LIEBIG aussprechen, als wenn eine Pflanze, der im Anfang zu viel Nahrung geboten sei, dadurch nicht zur Blüthe käme, dass zu viel Blätter und Triebe gebildet würden, wodurch später das gehörige Quantum an Nahrung fehle. Ich sehe mit MOHL darin nur, dass die Bildung einmal eine andere Richtung angenommen habe, und zwar nach wie vor wegen zu reichlicher Nahrung, welche «der mit der Bildung der Blüthe verbundenen Contrac-«tion der Achse und der Methamorphose der Blätter zu Blüthenorganen entge-«genwirkt." Denn nach LIEBIG's eigenen Worten (S. 46) «steht die Masse einer Pflanze im Verhältnisse zu der Oberfläche der Organe, welche bestimmt sind, Nahrung zuzuführen." Es ist also dieser Bildungstrieb, der einmal eine andere Richtung angenommen hat, als man wünscht, dem man zu steuern sucht, wenn man das Zwergobst und den Weinstock beschneidet. LIEBIG's Raisonnement wäre hier nur für den Fall gültig, dass die Pflanze alle Nahrung aus dem Boden bekäme; da wäre es denkbar, dass sie nicht Nahrungsstoffe genug aufnehmen könnte, um die anfangs so reichlich gebildeten Organe fort und fort zu erhalten, und daneben die wichtigsten neuen zu bilden. Da aber grade diese Organe hauptsächlich der Function der Aufnahme von Nahrungs-

mitteln aus der Luft vorstehen, so kann hier offenbar kein Mangel an Nahrung, sondern nur die fehlende Concentration der Nahrung Schuld sein, wenn keine Blüthe gebildet wird. — Sehr hübsch ist ferner die Betrachtung, welche LIEBIG über die Grenze der Thätigkeit der Blätter an dieser Stelle weitläufiger als oben anstellt. Von August an gehen die Kohlenstoffreichen Substanzen nicht mehr in Holz über, sondern sie häufen sich vorzugsweise in der Rinde an, um im nächsten Frühling verwendet zu werden. Diese Kohlenstoffreichen Substanzen müssen aber nach LIEBIG nothwendiger Weise von der Pflanze selbst gebildet werden, und auf dieser Meinung beruht sein Satz, dass die Pflanze keine Substanzen, die dies erste Stadium der Assimilation bereits zurückgelegt haben, also auch keine Humussäure, aufnehmen können. Wir haben diesen Satz schon oben einer genaueren Prüfung unterworfen, und dabei gefunden, dass nach den Versuchen von SAUSSURE (dem älteren und dem jüngeren) DAVY, SPRENGEL, so wohl Humussäure als auch Zucker und Gummi in sehr diluirten Lösungen aufgenommen werden. Einen anderen Grund gegen die Hummussäuren nimmt LIEBIG noch daher, dass ihm Nahrungsmittel nur solche Stoffe sind, welche alle Functionen des Lebens erhalten können. Diese Definition ist aber durchaus einseitig, oder vielmehr zu vielseitig, d. h. zu allgemein, und passt, indem sie zu viele Eigenschaften angiebt, ebenso wenig auf die Kohlensäure wie auf die Humussäuren. Die allerwenigsten Nahrungsmittel enthalten, wie dies etwa bei der Milch der Thiere oder für die Pflanzen im Inhalt des Samens der Fall ist, alle Stoffe, welche zum Leben der Pflanzen erfordert werden. Es kommt aber noch dazu, dass, wenn auch jene Definition von LIEBIG richtig wäre, nach welcher in den Kohlenstoffreichen Substanzen besonders der Stickstoff fehlen soll, für die Humussäuren nach den schönen Untersuchungen MULDER's dieser Fehler noch wegfällt, da dieselben gewöhnlich an Stickstoff in der Form von Ammoniak gebunden sind.

2°. Sonst hat LIEBIG allerdings Recht, dass zur vollständigen Assimilation der Kohlenstoffhaltigen Substanzen auch Stickstoff nöthig ist; darin besteht die Wichtigkeit der Diastase im Keimungsakte und des Klebers überhaupt. Nur geht LIEBIG zu weit, wenn er glaubt, dass zwischen der Stickstoffhalti-

tigen und Stickstoff-freien Substanz ein ganz regelmässiges immer wiederkehrendes Verhältniss herrschen müsse: wenigstens spricht hiergegen der bedeutend wechselnde Gehalt an Kleber und Stärke im Weizen. Letztere schwankt zwischen 41 und 65 proc., der Kleber zwischen 9 und 34 proc. Es ist wenigstens nicht erwiesen, dass in dem Falle, in welchem der Weizen so wenig Kleber enthält, auch ein Theil des Kohlenstoffs nicht assimilirt wird. Auf der anderen Seite hat aber vielleicht LIEBIG bloss sagen wollen, dass ein gewisses Minimum von Stickstoffhaltiger Substanz durchaus nöthig ist, damit die Kohlenstoffhaltige assimilirt werde, und darin hätte er ganz gewiss Recht.

Fehlt dieses Minimum, so kann höchstens Amylum, Zucker, Gummi, Harz, Oel, u. s. w. nicht aber Eiweiss, Kleber, ja nicht einmal Holz gebildet werden, wofür nach MOHL's richtiger Bemerkung der Umstand spricht, dass nach PAYEN's Analysen alle jugendlichen Theile besonders reich an Stickstoff sind, also grade die Theile, in welchen die Holzfaser besonders gebildet wird. Indess ist es deshalb immer möglich, dass ein kleiner Theil Stickstoff für eine Assimilation grosser Mengen von Stickstoff-freier Substanz dasselbe thun kann wie für eine kleine Menge, und ich bin geneigt mit MOHL zu glauben, dass dies dort am wahrscheinlichsten ist, wo eine Anzahl dieser Kohlenstoffreichen Stoffe nicht in der Form von Kohlensäure, sondern schon in einer höher assimilirten Form aufgenommen wurde. Ein zu grosses Missverhältniss zwischen Stickstoffhaltiger und Kohlenstoffhaltiger Substanz mag nun wohl manche krankhafte Erscheinungen an den Pflanzen erklären, so auf der einen Seite die zu reiche Menge von Ammoniaksalzen im Safte, auf der anderen Seite die Ausschwitzungen von Gummi, Zucker, Stärke, Oel, Wachs, Harz, u. s. w. Es passt jedoch diese Erklärung nicht immer, denn LANGLOIS fand in dem Honigthau der Linden nicht bloss Stickstoff-freie, sondern auch Stickstoffhaltige Substanzen, so namentlich Pflanzeneiweissstoff (1).

3°. Nachdem LIEBIG nun so die eigentlich organischen Bestandtheile, und zwar die beiden wichtigsten den Kohlenstoff und Stickstoff in ihrem Verhältnisse

---

(1) Siehe ERDMANN und MARCHAND, Journal für practische Chemie, Bd. XXIX. S. 446.

zu einander näher untersucht hat, kommt er auch noch einmal auf die anorganischen Bestandtheile zurück. Es ist dabei zuerst die Rede vom Thon, und LIEBIG macht darauf aufmerksam, wie dieser durch seinen Gehalt an Kali und Natron wirke. Von den basischen Theilen des Thons sind sie wohl allerdings die wichtigsten, da sie unmittelbar in die Pflanzen eingehen, während die Thonerde selbst höchst selten in den Pflanzen gefunden wird. Der Nutzen dieser beschränkt sich also wohl mehr, wie wir schon im Kapitel über die Assimilation des Stickstoffs sahen, auf die physikalische Anziehung von Ammoniak und Wasser. Um die Wichtigkeit der Alkalien darzuthun, wird nun hier das schon früher einmal besprochene Beispiel der Lava in den Umgebungen des Vesuv' angeführt, von der aber, wie wir sahen, durchaus nicht anzunehmen ist, dass sie humusfrei sei. Sonst können wir es gerne gelten lassen, dass ein gänzlicher Mangel an Alkalien nachtheiliger sein würde, als ein Mangel an Humus, da dieser sich doch durch die Kohlensäure der Luft wenigstens entbehrlich machen lässt, was für die anorganischen Bestandtheile durchaus nicht angeht. Das ist denn auch grade in jenen Gegenden, die so reich an Alkalien sind, besonders, aber auch in allen anderen, der grosse Nutzen der Brache, dass in derselben, mögen nun die Felder im engsten Sinne brach liegen, oder mit Brachfrüchten, wie Vicia Faba, Pisum sativum, Phaseolus vulgaris, u. s. w, bepflanzt werden, durch die Verwitterung neue Mengen von Alkalien aufgeschlossen werden. Es ist ganz interessant zu sehen, wie die Natur hier selbst so schön nachhilft. LIEBIG zeigt uns dies z. B. an der Zusammensetzung des Flusswassers, dem niemals ein gewisser Gehalt an Kochsalz und nur selten der an Alkalien fehlt; es muss dieser Gehalt durch Seewinde vom Meere nach dem Lande geführt werden. Ebenso ist die BECQUEREL'SCHE Beobachtung wichtig, dass beim Keimen so vieler Pflanzen Essigsäure frei wird, welche mit Alkalien, Kalk und Bittererde gesättigt in die Pflanzen zurückkehrt. LIEBIG räumt also hier auch die Aufnahme der Essigsäure ein, welche später durch KULTER's Beobachtung von der Bildung des Mycoderma aus der Mater aceti so ausser allen Zweifel gesetzt ist.

Indessen thut die Natur doch allein nicht genug zur Nutzbarmachung der anorganischen Bestandtheile für die Pflanzen, und wir müssen also theils durch

die Brache, theils durch ein vernünftiges System der Wechselwirthschaft ihr zu Hülfe kommen. Die Idee der Brache ist immer die, dass durch Verwitterung eine neue Quantität der verlangten anorganischen Substanz aufgeschlossen werden soll. Sie bringt den meisten Gewinn, wenn man in derselben andere Pflanzen bauen kann, die jene anorganische Substanz nicht brauchen. Besteht diese in Alkalien, so sind also wie LIEBIG richtig angiebt, Vicia Faba, Pisum sativum, Phaseolus vulgaris, Medicago sativa, Ervum Lens, Polygonum Fagopyrum, die nur verschwindender Mengen von phosphorsauren Salzen bedürfen, solche Brachfrüchte. Für die Wechselwirthschaft ist es also von der höchsten Wichtigkeit, dass man die Culturpflanzen möglichst genau auf ihre anorganischen Bestandtheile untersuche, damit man dadurch zu einem genauen Schema gelange. Es ist schon von LIEBIG in den Annalen Bd. XXXXVI. S. 77 ein Schema der Art aufgestellt worden. Er theilt da ein in

Kalipflanzen (Chenopodien, Melden, Wermuth, Runkelrüben, weisse Rüben, Mais.),

Kalkpflanzen (Flechten, die durch kleesauren, Cacteën, die durch weinsauren Kalk ausgezeichnet sind, Klee, Bohnen, Erbsen, Taback.),

Kieselpflanzen (Weizen, Roggen, Hafer, Gerste.).

Es lässt dies Schema indess noch viel an Genauigkeit zu wünschen übrig, insofern als kein scharfdurchgreifender Eintheilungsgrund gewählt ist. So könnte man z. B. die hier unter den Kieselpflanzen angegebenen alle zu den Kalipflanzen rechnen, unter denen sie dann freilich eine eigene Abtheilung, nämlich die der durch Kieselsäure ausgezeichneten darstellen würden.

Es versteht sich nun von selbst, dass man manche Pflanzen, die nur eine geringere Quantität von Alkalien aufnehmen, auch öfters hinter einander bauen kann. Man vermisst hier aber noch sehr genauere *durchschnittliche* Angaben der anorganischen Bestandtheile, um verschiedene Pflanzen mit einander vergleichen zu können. So bezieht sich die Angabe LIEBIG's, dass auf einem Felde, das nur eine Erndte Weizen liefert, zweimal Gerste und dreimal Hafer gebaut werden kann, auf die Angabe, nach welcher Hundert Theile Weizenstengel 15, 5 Th. Asche (vgl. S. 137) geben, während

LIEBIG selbst an einer anderen Stelle mit DE SAUSSURE den Aschegehalt der Weizenstengel zu 4, 3 proc. veranschlägt.

Ebenso nöthig sind genaue Analysen, um die Unkrautpflanzen richtig zu erkennen. Man darf hierbei aber nicht vergessen, dass man nicht bloss die chemische Zusammensetzung, sondern die ganze Organisation dieser Pflanzen zu berücksichtigen hat. So hält LIEBIG Spartium Scoparium für Unkraut unter Weizen, weil die Asche desselben reich an kohlensaurem Kali ist. Allein nach der Erfahrung der Landwirthe (SPRENGEL) ist es dennoch kein Unkraut, und man erklärt sich das dadurch, dass es durch seine tiefe Bewurzelung der Oberfläche wenig Kali raubt.

Ausser den Alkalien sind nun noch viele andere anorganische Bestandtheile nöthig, und LIEBIG trennt hier ganz richtig zwischen regelmässigen und mehr zufälligen. Zu den letzteren gehören besonders Kupferoxyd und die Fluormetalle, die man hin und wieder in Pflanzen gefunden hat; zu den ersteren besonders die phosphorsaure Bittererde, welche, wie wir wissen, sich stets in den Samen der Gramineen findet, dann Kochsalz, Chlorkalium, u. s. w. Der Taback und viele andere Pflanzen brauchen wenig oder keine phosphorsauren Salze, diese lassen sich also recht gut neben Weizen anbauen.

Zuletzt spricht LIEBIG noch davon, dass die anorganischen Bestandtheile den Pflanzen Festigkeit ertheilen müssen. So weit es nun von diesen erwiesen ist, dass sie in die Zellmembran eingehen, mag dies ganz richtig sein: und wir wissen, dass dies theilweise z. B. eben beim kieselsauren Kali der Fall ist, indem man manche Pflanzen durch vorsichtiges Verbrennen, gewisser Maassen auf ein Skelet von diezem Salze reduciren kann. Anders verhält es sich indessen mit den Bestandtheilen, welche als Kristalle im Inneren abgelagert werden. Allein nach PAYEN kommt der kleesaure Kalk in gewissen Pflanzen als ein wesentlicher Theil des Gewebes vor. Ebenso giebt G. BISCHOFF an, dass der so strengflüssige Kalk gewisser Maassen als ein organisirter Bestandtheil der Zelle vorkommt, und PHILIPPI führt dasselbe von Corallineën an.

Wir wollen jetzt wieder zur Angabe der Thatsachen, welche nach der kri-

tischen Prüfung der LIEBIG'schen Lehren über die Cultur als ausgemacht stehen bleiben, übergeben.

1°. Der Zutritt der Luft zu dem Boden ist immer günstig, wenn dadurch eine mässige Verwesung des Humus entsteht. Es wird dabei Humin und Ulmin oxydirt und löslich gemacht, oder die Humussubstanzen unterliegen noch einer weiteren Verwesung und werden zu Kohlensäure. Die Verwesung darf aber nicht zu stark sein, damit nicht mehr Kohlensäure gebildet werde als von Basen gebunden werden kann: denn der übrige Theil ist für den Bereich der Wurzeln verloren.

Die Thätigkeit der Blätter hört mit dem beginnenden Winter auf: die Kohlenstoffhaltigen Substanzen, welche von August an gebildet werden, gehen nicht mehr in Holz über, sondern sie werden erst im nächsten Frühling assimilirt. Die Rinde der Bäume kann durch diesen angehäuften Amylumgehalt von ausserordentlicher Wichtigkeit werden, wie wir dies aus dem Gebrauch, der in Schweden von derselben gemacht wird, sehen.

2°. Zur Assimilation des Kohlenstoffs ist ein bestimmtes Minimum von Stickstoff nöthig: das Minimum und Maximum des Stickstoffgehalts liegen vielfach weit auseinander. Zur höchsten Assimilation, zur Bildung von Holz, Eiweiss u. s. w. ist am meisten Stickstoff nöthig. Das Missverhältniss zwischen Stickstoffhaltigen und Stickstoff-freien Substanzen bringt Krankheiten hervor, indem ein Theil also nicht verwendet wird, und oft als krankhafte Ausschwitzung hervortritt.

3°. Unter den anorganischen Bestandtheilen nützt der Thon chemisch besonders durch seine Kieselsäure, sein Kali und Natron, physikalisch-chemisch durch die Thonerde, welche Wasser und Ammoniak anzieht.

Am wichtigsten überhaupt unter den anorganischen Bestandtheilen sind die Alkalien, schon wegen ihrer grossen Löslichkeit. Sie lassen sich nicht ersetzen; deshalb wären sie schwerer ganz zu entbehren, als die Humussubstanzen, denn für den Kohlenstoff bleibt ja immer die Luft als Hauptquelle übrig.

Der Nutzen der Brache und die Theorie der Wechselwirthschaft, der aber noch viel zu ihrer vollständigen theoretischen Begründung fehlt, weil man bei derselben auch nicht bloss mit dem chemischen Gesichtspunkt ausreicht, be-

ruht darauf, dass dieselbe Pflanze fortwährend gebaut aus dem Boden zu schnell und in zu grosser Menge dieselbe anorganische Substanz aufnimmt: man muss entweder durch völlige Ruhe dem Boden Zeit geben zu verwittern, damit jene Substanz von Neuem aufgeschlossen wird, oder Pflanzen bauen, die jener Substanz nicht bedürfen. Deshalb können doch manche Pflanzen in gewissen Gegenden öfters hinter einander gebaut werden, von welchen im Kapitel über die Wechselwirthschaft ausführlicher die Rede war.

Ausser den Alkalien brauchen viele Pflanzen noch besonders phosphorsaure Bittererde, Kochsalz, salpetersaures Kali, Chlorkalium, Schwefel u. s. w.

Diejenigen anorganischen Substanzen, welche in die Zellmembran eingehen, mögen der Pflanze Festigkeit und Halt geben.

Nachtrag zu dem Kapitel über die Lehre von der Cultur.

Das vorstehende Kapitel hat nur geringe und unbedeutendere Modificationen und Zusätze erhalten. So sind auf S. 133 und 136 ein Paar Stellen ausgelassen, in welchen sich LIEBIG in den älteren Ausgaben S. 116 und 118 schärfer gegen die Assimilation organischer Substanzen ausgesprochen hatte. Ebenso scheint LIEBIG S. 141 der fünften Ausgabe einige Parasiten von der gewöhnlichen Pflanzenernährung auszunehmen, indem er sie als solche bezeichnet, die ihren Kohlenstoff nicht oder doch nur theilweise aus der ersten Quelle schöpfen. LIEBIG scheint aber dessenungeachtet seine Ansicht über die Aufnahme organischer Stoffe nicht geändert zu haben, wenigstens heisst es S. 26 wie früher: «Keine Materie kann als Nahrung der Pflanzen angesehen wer«den, deren Zusammensetzung ihrer eigenen gleich oder ähnlich ist, deren «Assimilation also erfolgen könnte, ohne dieser Function — der Assimilation «des Kohlenstoffs — zu genügen."

S. 137 der neuen Ausgabe ist die LANGLOIS'SCHE Analyse des Honigthaus angeführt, von welcher schon oben die Rede war. LIEBIG hat aber das Eiweiss nicht berücksichtigt.

S. 150 ist die Angabe BECQUEREL's dass die Samen vieler Pflanzen beim Keimen Essigsäure ausscheiden, welche in den älteren Ausgaben S. 132 mitgetheilt war, weggelassen. Früher nahm LIEBIG an, dass diese Essigsäure mit Alkalien und Erden gesättigt wieder in die Pflanzen übergehe. Allerdings liess sich das mit seiner Behauptung, dass die Pflanzen gar keine organische Materie aufnehmen, nicht gut vereinigen.

S. 155 fehlt die Angabe, dass Wermuth nach Weizen nicht gebaut werden könne: ebenso fehlen daselbst die Analysen mehrerer Stroharten in Bezug der Menge ihrer Asche, welche in den älteren Ausgaben S. 137 mitgetheilt sind, von welchen besonders die Angabe des Aschengehalts der Weizenstengel der Angabe auf S. 164 widersprach, und damit auch einen Widerspruch gegen LIEBIG's Lehre, dass der Gehalt an anorganischen Basen ein nicht wechselnder sei, begründete. LIEBIG giebt aber nicht an, ob er jene Analysen für falsch hält.

Ganz interessant ist die S. 156 gemachte Mittheilung über das Vorkommen des Apatits (des phosphorsauren Kalks) in jeder fruchtbaren Ackererde, so wie über das der phosphorsauren Alkalien in vielen Quellen. Ihre Bedeutung für das Wachsthum der Pflanzen ist schon früher hinlänglich erörtert. Es ist hier noch daran erinnert, dass sich dieser phosphorsaure Kalk in gewöhnlichem Wasser nicht löst, leicht aber wenn in demselben Kochsalz oder irgend ein Ammoniaksalz enthalten ist.

Zuletzt will ich hier noch die Erklärung mittheilen, welche LIEBIG von dem Absterben der unteren also der älteren Blätter in trockenen Sommern giebt. Es werden nämlich nur von den Theilen der Pflanze Kohlensäure und Ammoniak aufgenommen, welche eine ausreichende Menge anorganischer Bestandtheile enthalten: da diese nun in den jüngsten Trieben immer in der reichlichsten Menge sind, bei trockenem Wetter aber keine neuen Alkalien aufgenommen werden, so fangen diese an den bereits ausgebildeten Blättern zu fehlen, diese verlieren so ihre Lebensfähigkeit, schrumpfen zusammen, werden gelb und fallen ab.

Nachdem ich nun so das was in den einzelnen Kapiteln der neuen Ausgabe von Bedeutung neu hinzugekommen oder geändert ist, durchgegangen bin, wobei es mir erlaubt war kurz zu sein, da es sich hierbei selten um principielle Punkte handelte, — glaube ich an das Ziel meiner Arbeit gelangt zu sein. Es sind zwar in dem Theil, dessen Prüfung die TEYLER'SCHE Gesellschaft zur Aufgabe gestellt hat, mehre Punkte übrig, welche erwähnt werden könnten: da diese aber nirgendwo das Wesen der Sache selbst betreffen, und von SCHLEIDEN mehr als hinreichend hervorgehoben sind, so glaube ich dieselben ganz übergehen zu dürfen. Ich meine nämlich besonders die physikalischen und von der Ernährungstheorie mehr unabhängigen physiologischen Verstösse, welche sich in LIEBIG's Werk eingeschlichen haben.

LIEBIG hat grade wegen solcher Verstösse, die man so leicht begeht, wenn man ein Feld berührt, das über die Grenzen seines Gebiets hinausliegt, die bittersten Vorwürfe erfahren müssen, und er mag diese wohl durch seine Angriffe auf die Physiologen veranlasst haben. Allerdings waren diese von seiner Seite zu stark, sie gingen aber aus dem sehr richtigen Gefühl hervor, dass es der Physiologie Noth thue, die Chemie in einer gründlicheren und mehr energischen Weise in die Lehren vom Stoffwechsel einzuführen. Jeder, der in der Geschichte der Wissenschaft einiger Maassen bewandert ist, weiss wie leicht Jemand, der einen Fehler mächtig fühlt, sich zu einem zu herben Tadel verführen lässt, wie leicht er da die einzelnen Ausnahmen übersieht, wo er in seinem Eifer gegen den grossen Haufen ankämpft. Es ist jedenfalls zu bedauern, dass LIEBIG dadurch eine Art Bitterkeit besonders bei SCHLEIDEN angeregt hat, die man nicht wachsam genug vom Felde der Wissenschaft fern halten kann. Schade dass er, dessen Name bei Laien den Begriff der Unfehlbarkeit in seiner Wissenschaft und ihren Anwendungen erweckt, dieser Bitterkeit verwundbare Seiten bieten musste, wodurch nun wieder bei mittelmässigen Köpfen ein viel grösseres Misstrauen in seine Leistungen verursacht wurde als er verdient. Indessen je genialer Einer ist, desto leichter wird er von einer gewissen Einseitigkeit getrieben,

zu solchen Fehlern kommen können. Und diese Einseitigkeit ist wie ich glaube grade eine von den Eigenschaften unserer Zeit, die man weder gut noch schlecht nennen darf, weil sie nothwendig sind. Es ist nun einmal jetzt in den einzelnen Zweigen des Materials so viel und so viel der Formen, dass noch mehr als Genialität dazu gehört, zugleich durch positive Forschungen einen Theil des Wissens zu erweiteren, und zugleich mit universellem, philosophischem Blick die Forschungen Anderer zu concentriren, in das Ganze Regel und Ordnung zu bringen. Dies letztere Geschäft mag für eine nächst kommende Generation bestimmt sein, das erstere lässt noch genug zu thun übrig, trotz der unausgesetzten Thätigkeit und dem unermüdlichen Eifer eines LIEBIG und Anderer, denen wie ihm die Natur das Gepräge des Genies aufgedrückt hat. Zum Schlusse erlaube ich mir LIEBIG grade zu dem Umstande Glück zu wünschen, der Anderen vielleicht als sein grösstes Unglück erscheint, nämlich dass er so viel Widerspruch erfahren hat. Denn abgesehen davon, dass dies grade das Schiekşal der bedeutendsten Männer ist, so wird durch die genaue Prüfung, der Andere so wie er selbst — was uns an manchen Stellen die fünfte Auflage seiner Agriculturchemie lehrt — seine Arbeiten unterwerfen, verhindert werden, dass so viele Irrthumer durch seinen Namen so zu sagen sanctionirt eine lange Zeit hindurch auf eine hemmende Weise in der Wissenschaft gehegt werden, wie an die Namen so vieler anderer im Uebrigen wahrhaft grosser Naturforscher geknüpft sind. Doch überlassen wir es der Geschichte zu richten! —

1.5 x 1..
1450
M73

HDI
HW 1H3W J

1450
Moleschott M73
Kritische Betrachtung von
Liebig's Theorie der...

DATE	ISSUED TO

Return this book on or before the last
date stamped below

HARVARD UNIVERSITY
WIDENER LIBRARY

Library Bureau